

# CONTROLLING DEVICE OF ROTARY ELECTRIC MACHINE

Publication number: JP9051700

Publication date: 1997-02-18

Inventor: ASHIKAGA TADASHI; MORI MASATO; NAGAYAMA KAZUTOSHI

Applicant: MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD

Classification:

- international: H02P6/08; H02P21/00; H02P23/00; H02P27/04;  
H02P6/08; H02P21/00; H02P23/00; H02P27/04; (IPC1-7): H02P21/00; H02P5/28; H02P6/08

- European: H02P29/00T6M

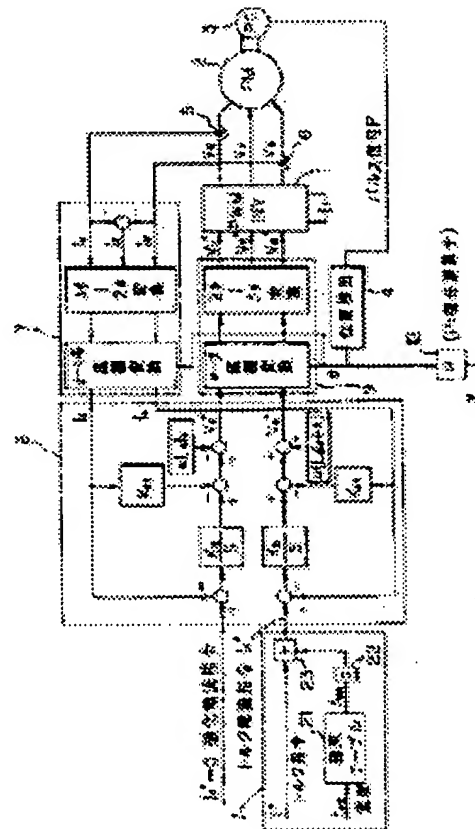
Application number: JP19960077023 19960329

Priority number(s): JP19960077023 19960329; JP19950133297 19950531

Report a data error here

## Abstract of JP9051700

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an output torque accurately corresponding to a torque command even if temperature increases by calculating a torque current command from a magnetic flux which is obtained from a magnetic flux table based on a temperature detected by a temperature sensor and a torque command and controlling a rotary electric machine from the torque current command. **SOLUTION:** A magnetic flux table 21 is a data table for storing the demagnetization characteristics of magnetic flux according to a temperature created, for example, by the data sheet of the permanent magnet of a PM motor 2, a motor stator temperature is detected by such a temperature sensor as a thermistor, and a temperature  $t_{mg}$  of the permanent magnet at a rotor side is supplied as a substitution for temperature information. As a result, a magnetic flux table 21 transmits the information on the magnetic flux  $A_{mg}$  corresponding to a temperature  $t_{mg}$ . A part 22 for setting the number of poles multiplies the magnetic flux  $A_{mg}$  by the number of poles before outputting. A divider divides a torque command  $T^*$  by the output of the part 22 for setting the number of poles. The output of a divider 23 becomes  $T^*/P_n A_{mg}$  and a torque current command becomes  $I_g$ , thus compensating the demagnetization characteristics due to temperature increase and obtaining a desired torque.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(11)特許出願公開番号

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、

永久磁石の温度を検出する温度センサと、永久磁石の温度に対応する減磁特性を記憶している磁束テーブルとを有し、温度センサで検出した温度に基づく磁束を磁束テーブルにより求める一方、この磁束と、トルク指令とに基づいてトルク電流指令を演算し、このトルク電流指令に基づき上記回転電機を制御するように構成したことを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 2】 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、

上記回転電機に供給する電圧指令値、回転電機に供給される電流をフィードバックしたフィードバック電流及び速度等の情報を入力して回転電機の運転をシミュレートする  $d-q$  座標系でのモータモデルを有するとともに、このモータモデルを用いて現在の磁束を求める一方、この磁束と、トルク指令とに基づいてトルク電流指令を演算し、このトルク電流指令に基づき上記回転電機を制御するように構成したことを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 3】 上記フィードバック電流の代わりに電流指令値を用いたことを特徴とする【請求項 2】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 4】 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、

トルク指令及び電気角周波数により一意に決定される磁化電流指令を出力する磁化電流指令テーブルと、回転電機の界磁磁束がトルク電圧にのみ関連することを利用してトルク電圧に基づき回転電機の界磁磁束を推定する磁束推定手段と、

トルク指令、磁化電流指令及び磁束推定手段で推定する磁束推定値に基づく演算を行なってトルク電流指令を出力するトルク電流指令演算手段とを有することを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 5】 磁束推定手段は、トルク電圧と、界磁磁束の変化により変化するトルク電圧推定値との偏差が零になるように磁束推定値を推定するものであることを特徴とする【請求項 4】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 6】 磁束推定値の推定の際、電機子抵抗による電圧降下分を無視して演算することを特徴とする【請求項 5】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 7】 磁束推定値の推定の際、磁化電流を零として演算することを特徴とする【請求項 5】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 8】 磁束推定値の推定の際、磁化電流を零として演算するとともに、電機子抵抗による電圧降下分を無視して演算することを特徴とする【請求項 5】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 9】 磁束推定値の推定の際、回転電機の入力

10

20

30

40

50

電圧を検出し、この検出電圧を座標変換して得るトルク電圧を用いることを特徴とする【請求項 6】～【請求項 8】の何れか一つに記載したことを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 10】 磁束推定値の推定の際、磁化電流指令及びトルク電流指令を用いることを特徴とする【請求項 6】～【請求項 8】の何れか一つに記載したことを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 11】 磁束推定値の推定の際、フィードバックした磁化電流及びトルク電流を用いることを特徴とする【請求項 6】～【請求項 8】の何れか一つに記載したことを特徴とする回転電機の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は回転電機の制御装置に関し、特に界磁として永久磁石を有するものに適用して有用なものである。

【0002】

【従来の技術】インバータで駆動される永久磁石同期電動機（以下「PMモータ」と略す）は、主に小容量ACサーボモータとして広く用いられている。

【0003】図11はこの種のPMモータの制御装置の一例をこのPMモータとともに示すブロック線図である。同図に示すように、PWMインバータ1からPMモータ2に三相電流を供給することによりPMモータ2が回転する。速度検出器3は、PMモータ2の回転子と共に回転してパルス信号Pを出力する。位置検出部4は、パルス信号Pを基に、PMモータ2の回転子位置（位相）を示す位相検出値 $\theta$ を求める。

【0004】電流検出部5、6はU相及びW相の電流検出値 $I_u$ 、 $I_w$ を求める。座標変換部7は、電流検出値 $I_u$ 、 $I_w$ からV相の電流検出値 $I_v$ を求め、更に三相の電流検出値 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を三相／二相変換し、位相角 $\theta$ を考慮して回転座標系のトルク電流検出値 $I_q$ 及び磁化電流検出値 $I_d$ を求める。

【0005】電流制御部8は、回転座標系のトルク電流指令 $I_q^*$ 及び磁化電流指令 $I_d^*$ と、トルク電流検出値 $I_q$ 及び磁化電流検出値 $I_d$ との偏差を比例・積分演算することにより、回転座標系のトルク電圧指令 $V_q^*$ 及び磁化電圧指令 $V_d^*$ を求める。

【0006】ここでトルク電流指令 $I_q^*$ はトルク指令 $T^*$ を基に電流指令テーブル11により得られる。すなわち、電流指令テーブル11にはトルク指令 $T^*$ に対応する磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ がテーブルとして記憶してある。また、この電流指令テーブル11には位相検出値 $\theta$ を微分器12で微分して得る電気角周波数 $\omega$ が参照信号として供給されている。かくして、電流指令テーブル11はトルク指令 $T^*$ に基づく電気角周波数 $\omega$ を参照して一意に定まる磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を送出する。

3

【0007】座標変換部9は、回転座標系のトルク電圧指令 $V_q^*$ 及び磁化電圧指令 $V_d^*$ を座標変換して、静止座標系の三相の電圧指令 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を求める。

【0008】PWMインバータ1はこれが内蔵するPWM変調部において電圧指令 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を基にインバータ部を制御する。これによりPWMインバータ1から三相電力がPMモータ2に供給される。

【0009】かかる制御装置を用いたPMモータ2の制御方法の一つとして、磁化電流 $I_d$ を零として制御を行 \*10

$$T = p_n \Lambda I_q$$

但し、 $p_n$ ：極対数

$\Lambda$ ：永久磁石による鎖交磁束

【0011】従来では鎖交磁束 $\Lambda$ の値は一定であるとし※

$$I_q^* = T^* / p_n \Lambda$$

【0012】つまり、トルク指令 $T^*$ が与えられると、このトルク指令 $T^*$ を一定値( $p_n \Lambda$ )で割算してトルク電流指令 $I_q^*$ を求めていた。

【0013】上述の如き制御装置を用いた他の制御方法として最大トルク制御、最大効率制御等が知られてい ★20

$$T = P_n \{ \Lambda I_q + \omega (L_d - L_q) I_d \cdot I_q \} \quad \dots (3)$$

但し、 $P_n$ ：極対数、

$\Lambda$ ：永久磁石による

鎖交磁束、 $\omega$ ：電気角周波数、

$L_d$ ：直軸イン

ダクタンス、 $L_q$ ：横軸インダクタンス、 $I_d$ ：磁化電流、 $I_q$ ：トルク電流

【0015】この場合にも式(3)の鎖交磁束 $\Lambda$ の値は一定であるとして磁化電流 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を求めている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】ところで、永久磁石による鎖交磁束 $\Lambda$ は、図12に示すように、永久磁石の温度が上がるにつれて減少し、特に高温になると減磁の割合が大きくなる。

【0017】したがって高温になると鎖交磁束 $\Lambda$ が減少し、出力トルク $T$ は小さくなってしまふ。つまり従来では温度上昇による減磁を考慮していなかったため、高温状態でモータ運転をしたときに、トルク指令 $T^*$ に対して、PMモータ2から実際に出力されるトルク $T$ が小さくなっていた。

【0018】本発明は、上記従来技術に鑑み、温度が上昇してもトルク指令に正確に対応した出力トルクが得られる回転電機の制御装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の構成は次の点の特徴とする。

【0020】(1) 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、永久磁石の温度を検出する温度センサと、永久磁石の温度に対応する減磁特性を記憶している磁束テーブルとを有し、温度センサで検出した温度に基づく磁束を磁束テーブルにより求める一方、こ

4

\*う方法が知られている。この制御方法では磁束軸に平行な電流成分である磁化電流 $I_d$ を流さないように制御する。この制御方法によれば、トルクがトルク電流 $I_q$ の振幅に比例するため制御性は良い。なおトルク電流は磁束軸に直交する電流成分である。

【0010】すなわち、上述した制御装置では、トルク電流指令 $I_q^*$ の値を変えることにより、PMモータ2の出力トルク $T$ を制御することができ、このときのPMモータ2の出力トルク $T$ は次式(1)で示される。

$$\dots (1)$$

※て、式(1)を変形して得た次式(2)を利用して、必要なトルク指令 $T^*$ を得るためのトルク電流指令 $I_q^*$ の値を求めていた。

$$\dots (2)$$

★る。この場合には、トルク指令 $T^*$ とPMモータ2の回転数を表わす電気角周波数 $\omega$ に応じて磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を決定する。

【0014】このときのPMモータ2の出力トルク $T$ は次式(3)で示される。

$$\dots (3)$$

の磁束と、トルク指令とに基づいてトルク電流指令を演算し、このトルク電流指令に基づき上記回転電機を制御するように構成したこと。

【0021】(2) 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、上記回転電機に供給する電圧指令値、回転電機に供給される電流をフィードバックしたフィードバック電流及び速度等の情報を入力して回転電機の運転をシミュレートするd-q座標系でのモータモデルを有するとともに、このモータモデルを用いて現在の磁束を求める一方、この磁束と、トルク指令とに基づいてトルク電流指令を演算し、このトルク電流指令に基づき上記回転電機を制御するように構成したこと。

【0022】(3) (2)において、フィードバック電流の代わりに電流指令値を用いたこと。

【0023】(4) 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、トルク指令及び電気角周波数により一意に決定される磁化電流指令を出力する磁化電流指令テーブルと、回転電機の界磁磁束がトルク電圧にのみ関連することを利用してトルク電圧に基づき回転電機の界磁磁束を推定する磁束推定手段と、トルク指令、磁化電流指令及び磁束推定手段で推定する磁束推定値に基づく演算を行なってトルク電流指令を出力するトルク電流指令演算手段とを有すること。

【0024】(5) (4)において、磁束推定手段は、トルク電圧と、界磁磁束の変化により変化するトルク電圧推定値との偏差が零になるように磁束推定値を推定するものであること。

【0025】(6) (5)において、磁束推定値の推定の際、電機子抵抗による電圧降下分を無視して演算す

ること。

【0026】(7) (5)において、磁束推定値の推定の際、磁化電流を零として演算すること。

【0027】(8) (5)において、磁束推定値の推定の際、磁化電流を零として演算するとともに、電機子抵抗による電圧降下分を無視して演算すること。

【0028】(9) (6)～(8)の何れか一つにおいて、磁束推定値の推定の際、回転電機の入力電圧を検出し、この検出電圧を座標変換して得るトルク電圧を用いること。

【0029】(10) (6)～(8)の何れか一つにおいて、磁束推定値の推定の際、磁化電流指令及びトルク電流指令を用いること。

【0030】(11) (6)～(8)の何れか一つにおいて、磁束推定値の推定の際、フィードバックした磁化電流及びトルク電流を用いること。

【0031】【作用】上記構成の本発明によれば、磁束テーブル又はモータモデルの出力として回転電機の実際の運転時の磁束を求める。次に、この磁束とトルク指令とに基づきトルク分電流を求め、このトルク分電流を電流制御系の指令値とする。かくして永久磁石の温度に依存する減磁の影響を補償する。

【0032】また、磁束の推定方式のものにおいては、トルク電圧に基づき界磁磁束を推定し得るので、この磁束推定値に基づくトルク分電流を電流制御系の指令値とすることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面にに基づき詳細に説明する。各形態は何れも図11に示す制御装置における電流指令テーブル11の代わりに減磁補償部を設けたものである。そこで、図11と同一部分には同一番号を付して各実施の形態を説明する。このとき、図11と重複する説明は省略する。

【0034】図1は本発明の第1の実施の形態に係る減磁補償部Iを抽出してその近傍部分とともに示すブロック線図である。本形態は $I_d^* = 0$ 制御において永久磁石の温度監視を行なってトルク電流指令 $I_q^*$ を補正するものである。

$$V_d = R_1 I_d - \omega L_q I_q \quad \dots (4)$$

$$V_q = R_1 I_q + \omega L_d I_d + \omega (\Lambda_{ng} + M_f I_f) \quad \dots (5)$$

但し、 $R_1$ ：電機子抵抗、 $\omega$ ：電気角周波数

$V_d$ 、 $V_q$ ：d軸、q軸電圧

【0043】ここで、d-q軸電流制御系の磁化電圧指令 $V_d^*$ 、トルク電圧指令 $V_q^*$ 、磁化電流検出値 $I_d$ 、※

$$\Lambda_{ng} = V_q^* / \omega - R_1 I_q / \omega - L_d I_d - M_f I_f \quad \dots (6)$$

【0044】かくして式(6)により求まる磁束 $\Lambda_{ng}$ を用いて第1の形態と同様の処理をすることにより永久磁石の減磁による影響を補償したトルク電流指令 $I_q^*$ を得る。

【0045】フィードバックする磁化電流検出値 $I_d$ 及

\*【0035】図1に示すように、減磁補償部Iは、磁束テーブル21、極数設定部22及び割算器23を有している。

【0036】磁束テーブル21は、PMモータ2の永久磁石のデータシート等により作成した温度による磁束の減磁特性を記憶しているデータテーブルであり、例えばサーミスタ等の温度センサでモータ固定子温度を検出し、回転子側の永久磁石の温度 $t_{ng}$  [°C] を温度情報として代用して供給される。この結果、磁束テーブル21は、温度 $t_{ng}$ に対応する磁束 $\Lambda_{ng}$ の情報を送出する。

【0037】極数設定部22は磁束 $\Lambda_{ng}$ に磁極数を掛けて出力とする。割算器23はトルク指令 $T^*$ を極数設定部22の出力( $p \Lambda_{ng}$ )で除算する。

【0038】かかる実施の形態において割算器23の出力は $T^* / p \Lambda_{ng}$ となり、この出力は前記式(1)を参照すれば明らかな通り、トルク電流指令 $I_q^*$ となる。すなわち、本形態によればトルク電流指令 $I_q^*$ が永久磁石の温度特性に応じて補正される。この結果、温度上昇に伴う減磁特性を補償して所望のトルクが得られる。

【0039】図2は本発明の第2の実施の形態に係る減磁補償部IIを抽出してその近傍部分とともに示すブロック線図である。本形態は $I_d^* = 0$ 制御においてモータモデルを用いてトルク電流指令 $I_q^*$ を補正するものであり、第1の形態に対し磁束 $\Lambda_{ng}$ を求める部分が異なるだけである。そこで、図1と同一部分には同一番号を付し、重複する説明は省略する。

【0040】図2に示すように、減磁補償部IIは、モータモデル31、極数設定部22及び割算器23を有している。

【0041】モータモデル31は磁化電圧指令 $V_d^*$ 、トルク電圧指令 $V_q^*$ 、磁化電流検出値 $I_d$ 、トルク電流検出値 $I_q$ 及び速度 $\omega_r$ を極数設定部32で処理して得る電気角周波数 $\omega$ の各量を入力し、これらのデータを処理することによりPMモータ2と等価なモータを電子的に実現した一種のシミュレータである。

【0042】以上PMモータ2の回転座標(d-q座標)系における電圧方程式は次式(4)、(5)となる。

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

※トルク電流検出値 $I_q$ 及び電気角周波数 $\omega$ により現在の温度における磁石の磁束 $\Lambda_{ng}$ を式(5)を変形した次式(6)で求めることができる。

$$\dots (6)$$

びトルク電流検出値 $I_q$ にノイズが乗る場合には、これらの代わりに磁化電流指令 $I_d^* = 0$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を用いても良い。ここでは、デジタル制御を前提として磁化電流指令 $I_q^*$ は前回値 $I_q^*(n-1)$ を用いることで演算が可能である。

【0046】この場合を第3の実施例として図3に示す。同図に示すように減磁補償部111のモータモデル41は、モータモデル31に対し入力して磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を用いる点と異なるだけ\*

$$\Lambda_{ng} = V_q^* / \omega - R_1 I_q^* / \omega - L_d I_d - M_f I_f \quad \dots (7)$$

【0048】上述の如くモータモデル31, 41を用いる第2及び第3の形態は永久磁石の温度を監視することができない場合に用いて特に有用なものとなる。

【0049】図4は本発明の第4の実施の形態に係る減磁補償部1Vを抽出してその近傍部分とともに示すブロック線図である。本形態は、基本的には最大トルク制御、弱め界磁による定出力制御（例えば特開平7-3226※

$$V_d = R_1 I_d - \omega L_q I_q$$

$$V_q = R_1 I_q + \omega L_d I_d + \omega \Lambda \quad \dots (8)$$

$R_1$  : 電機子抵抗  $L_d, I_q$  : d, q 軸インダクタンス

またトルクTは前述の式(3)で表わされる。

【0051】式(3)において、温度変化により鎖交磁束 $\Lambda$ が変化すると、トルクTが変化するが、このときの温度変化による鎖交磁束 $\Lambda$ を推定して電流指令値を計算することにより、トルク指令 $T^*$ に対して正確に一致するトルク制御が可能となる。

【0052】図4に示すように、減磁補償部1Vは、磁化電流指令テーブル41、トルク電流指令演算部42及び磁束推定器43を有している。これらのうち磁化電流指令テーブル41はトルク指令 $T^*$ 及び電気角周波数 $\omega$ により一意に決定される磁化電流指令 $I_d^*$ をテーブルとして記憶している。トルク電流指令演算部42はトルク★ $T^*$

$$I_q^* = \frac{T^*}{P_n (\Lambda^{**} + \omega (L_d - L_q)) I_d^*} \quad \dots (9)$$

式(9)の演算はトルク電流指令演算部42で行なう。

また、磁束推定値 $\Lambda^{**}$ は次の原理により求める。

【0055】すなわち、式(8)において、鎖交磁束 $\Lambda$ はトルク電圧 $V_q$ の式にのみ影響する。ここで、電機子★

$$V_q^{**} = R_1 I_d + \omega L_d I_d + \omega \Lambda^{**} \quad \dots (10)$$

$$(\Lambda^{**} = \Lambda_n + \Delta \Lambda^{**})$$

但し、 $\Lambda_n$  : 磁束の初期設定値

$\Delta \Lambda^{**}$  : 磁束変化量の推定値

【0056】図4の電流制御部8においては、磁化及びトルク電流指令( $I_d^*, I_q^*$ )が磁化及びトルク電流( $I_d, I_q$ )に一致する様にフィードバック制御しているため、温度変化によりPMモータ2の鎖交磁束 $\Lambda$ が変化した場合には、磁化電流指令 $I_d^*$ 、トルク電流指◆

$$\Delta \Lambda^{**} = G \cdot (V_q^* - V_q^{**}) \quad \dots (11)$$

但し、G : 伝達関数

式(11)より磁束推定値 $\Lambda^{**}$ は、次式(12)にて求めら\*

$$\Lambda^{**} = \Lambda_n + G (V_q^* - V_q^{**}) \quad \dots (12)$$

【0058】図5は磁束推定器43の第1の実施例を示すブロック線図である。ここで、( $V_q^* - V_q^{**}$ )の偏

\*である。そこで、図2と同一部分には同一番号を付し、重複する説明は省略する。

【0047】本形態における磁束 $\Lambda_{ng}$ は次式(7)により求める。

※73号公報参照)において、磁束推定値 $\Lambda^{**}$ を用いて磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を補正するものである。

【0050】この場合のPMモータ2の電圧方程式は同期回転座標(d-q軸)上で定常状態においては次式(8)で表わされる。

★指令 $T^*$ 、磁化電流指令 $I_d^*$ 及び磁束推定器43で推定する磁束推定値 $\Lambda^{**}$ に基づき所定の演算を行なってトルク電流指令 $I_q^*$ を出力する。この結果得られた磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ が電流制御部8に供給される。

【0053】かかる本形態においては、まず磁化電流指令 $I_d^*$ が最大トルク制御、弱め界磁による定出力制御を行なうべく電気角周波数 $\omega$ とトルク指令 $T^*$ からテールより導出される。

【0054】この結果トルク指令 $T^*$ と磁化電流指令 $I_d^*$ 、電気角周波数 $\omega$ が決定され、鎖交磁束 $\Lambda$ の推定値である磁束推定値 $\Lambda^{**}$ が与えられると、式(3)を変形して、トルク電流指令 $I_q^*$ が求められる。

【数1】

☆抵抗 $R_1$ 、d軸インダクタンス $L_d$ はモータパラメータとして既知であるため、トルク電圧推定値 $V_q^{**}$ は磁束推定値 $\Lambda^{**}$ とすると次式(10)で表される。

◆令 $I_q^*$ の電流を流すために必要なトルク電圧指令値 $V_q^*$ と式(10)により求められるトルク電圧推定値 $V_q^{**}$ に偏差が生ずる。

【0057】この電圧偏差は磁束変化量の推定値 $\Delta \Lambda^{**}$ に対応しているため、次式(11)により $\Delta \Lambda^{**}$ を推定できる。

\*れる。

差が0となる様に磁束推定値 $\Lambda^{**}$ が推定され、( $V_q^* - V_q^{**}$ )が0となると、実際のPMモータ2の鎖交磁束

$\Lambda$ と推定値 $\Lambda^{**}$ が一致する。

【0059】図6は磁束推定器43の他2の実施例を示すブロック線図である。式(10)において、電機子抵抗 $R_1$ による電圧成分 $R_1 I_q$ は他の項に比較して小さいため無視すると、図6に示す様に演算が簡単となり、磁化電流 $I_d$ が不要となる。本実施例は、回転数が高い場合に有効である。電気角周波数 $\omega$ が大きい場合は $(\omega L_d I_d + \omega \lambda) \gg R_1 I_q$ となるからである。

【0060】本形態においても図1～図3に示す場合と\*

$$V_q^{**} = R_1 I_q + \omega \Lambda^{**}$$

となり、図7に示す構成で磁束推定値 $\Lambda^{**}$ が推定できる。

【0061】 $I_d = 0$ 制御において、電機子 $R_1$ の項が無視できる。これを磁束推定器43の第4の実施例として図7に示す。本実施例によれば同図に示す様に更に簡単な構成で $\Lambda^{**}$ が推定できる。

【0062】これまでは、電機子抵抗 $R_1$ とd軸インダクタンス $L_d$ 、q軸インダクタンス $L_q$ を既知の値としているが、実際にはロータの温度変化による鎖交磁束 $\Lambda$ の変化に比較して影響は小さいものの、固定子巻線の電機子抵抗 $R_1$ も温度によって変化する。固定子巻線に\*

$$V_d^{**} = R_1^{**} I_d - \omega L_q I_q$$

$$(R_1^{**} = R_{1n} + \Delta R_1^{**})$$

$R_{1n}$  : 電機子抵抗の初期設定値

$\Delta R_1$  : 電機子抵抗変化量の推定値

したがって、磁束抵抗値 $\Lambda^{**}$ の推定方式と同様に、電機\*

$$\Delta R_1^{**} = G_2 (V_d^* - V_d^{**})$$

$G_2$  : 伝達関数

$$R_1^{**} = R_{1n} + G_2 (V_d^* - V_d^{**})$$

【0064】図9に第5の実施例に係る磁束推定器43のブロック線図を示す。本実施例においては、 $(V_d^* - V_d^{**})$ の偏差が0となる様に電機子抵抗推定値 $R_1^{**}$ が推定され、実際の電機子 $R_1$ と一致するよう動作する。ここで、電機子抵抗推定値 $R_1^{**}$ の推定応答が磁束推定値 $\Lambda^{**}$ の推定応答より速くなるように伝達関数 $G_1$ 、 $G_2$ のゲイン等を設定することによって、トルク電圧推定値 $V_q^{**}$ の演算による磁束推定値 $\Lambda^{**}$ の推定時には、電機子抵抗推定値 $R_1^{**}$ を真値に収束させておくことができ、正確な磁束推定値 $\Lambda^{**}$ を得ることができる。

【0065】これまでは、磁束推定器43の入力に、演算制御量である、磁化及びトルク電圧指令 $(V_d^*, V_q^*)$ を用いているが、PWMインバータ1の出力電圧を検出して座標変換することによって磁化電圧 $V_d$ 、トルク電圧 $V_q$ を求め、磁束推定器43に入力する方式でも良い。かかる実施の形態を本発明の第5の実施の形態として図10にブロック線図を示す。同図に示すように、本形態においては、出力電圧検出トランス44でPWMインバータ1の出力電圧を検出し、この出力を座標変換部45で座標変換して磁化電圧 $V_d$ 、トルク電圧 $V_q$ を

\*同様の $I_d = 0$ 制御を行なうことができる。すなわち、最大トルク制御や弱め界磁制御を用いない場合は、磁化電流 $I_d$ を0とする制御( $I_d = 0$ 制御)が用いられる。この制御はロータ表面に磁石をはり付けたSPMと呼ばれるPMモータ2によく用いられる方式である。これを磁束推定器43の第3の実施例としてそのブロック線図を図7に示す。この場合は式(10)は $I_d = 0$ のため、

$$\dots (13)$$

※いてはサーミスタ等を取り付けて温度を検出して電機子抵抗 $R_1$ を補正することも可能であるが、センサを用いないで電機子抵抗 $R_1$ を推定する方式を磁束推定器43の第5の実施例として以下に示す。

【0063】式(8)において、励化電圧 $V_d$ は電機子抵抗 $R_1$ とq軸インダクタンス $L_q$ のパラメータより計算できる。ここで、q軸インダクタンス $L_q$ は温度によって変化しないため、固定子巻線温度変化による電機子抵抗 $R_1$ の変化の影響のみが励化電圧 $V_d$ に表われる。d軸電圧推定値 $V_d^{**}$ は、電機子抵抗 $R_1$ の推定値を電機子抵抗推定値 $R_1^{**}$ とすると、

$$\dots (14)$$

★子抵抗推定値 $R_1^{**}$ が次の様にして推定できる。つまり、

$$\dots (15)$$

$$\dots (16)$$

求めている。すなわち、本形態においては、図4に示す第4の実施の形態に出力電圧検出トランス44及び座標変換部45を追加して減磁補償部Vを構成している。なお、本形態における磁束推定器43においても図5～図9に示す全ての実施例を適用することができる。

【0066】図5～図10においては、磁束推定器43の電流入力にモータ電流を検出して座標変換した電流フィードバック値 $(I_d, I_q)$ を用いているが、図4の制御では、電流を指令値に対してフィードバック制御しているため、指令値 $(I_d^*, I_q^*)$ とフィードバック値 $(I_d, I_q)$ はほぼ一致する。したがって、図4の磁束推定器43の電流入力を $I_d, I_q$ から指令値 $I_d^*, I_q^*$ に換えても同様の効果が得られる。

【0067】

【発明の効果】以上実施の形態とともに具体的に説明したように、本発明によれば永久磁石の温度による減磁分を補償することができるので、その分指令値に対応する正確な制御を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示すブロック線図。

【図2】本発明の第2の実施の形態を示すブロック線図。

【図3】本発明の第3の実施の形態を示すブロック線図。

【図4】本発明の第4の実施の形態を示すブロック線図。

【図5】図4における磁束推定器の具体例である第1の実施例を示すブロック線図。

【図6】磁束推定器の具体例である第2の実施例を示すブロック線図。

【図7】磁束推定器の具体例である第3の実施例を示すブロック線図。

【図8】磁束推定器の具体例である第4の実施例を示すブロック線図。

【図9】磁束推定器の具体例である第5の実施例を示すブロック線図。

【図10】本発明の第5の実施の形態を示すブロック線図。

図。

【図11】従来技術を示すブロック線図。

【図12】永久磁石の温度特性を示すグラフ。

【符号の説明】

I, II, III, IV, V 減磁補償部

21 磁束テーブル

31, 41 モータモデル

23 割算器

41 磁化電流指令テーブル

10 42 トルク電流指令演算部

43 磁束推定器

44 出力電圧検出トランス

45 座標変換部

T\* トルク指令

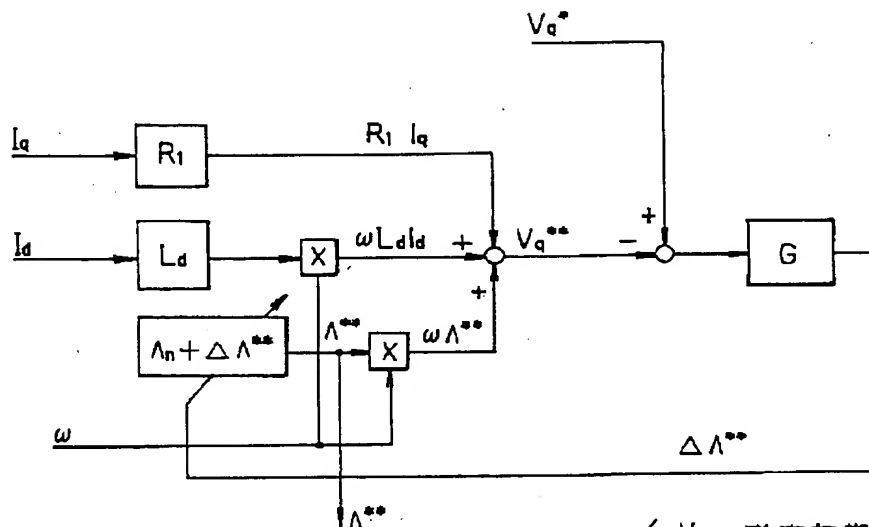
$I_q^*$  トルク分電流指令

$t_{mg}$  温度

$\Lambda_{mg}$  磁束

【図5】

### ( 磁束推定器の構成 )



G : 伝達関数

$V_n$  : 磁束初期設定値  
 $\Delta \Lambda^{**}$  : 磁束誤差設定値  
 $\Lambda^*$  : 磁速推定値

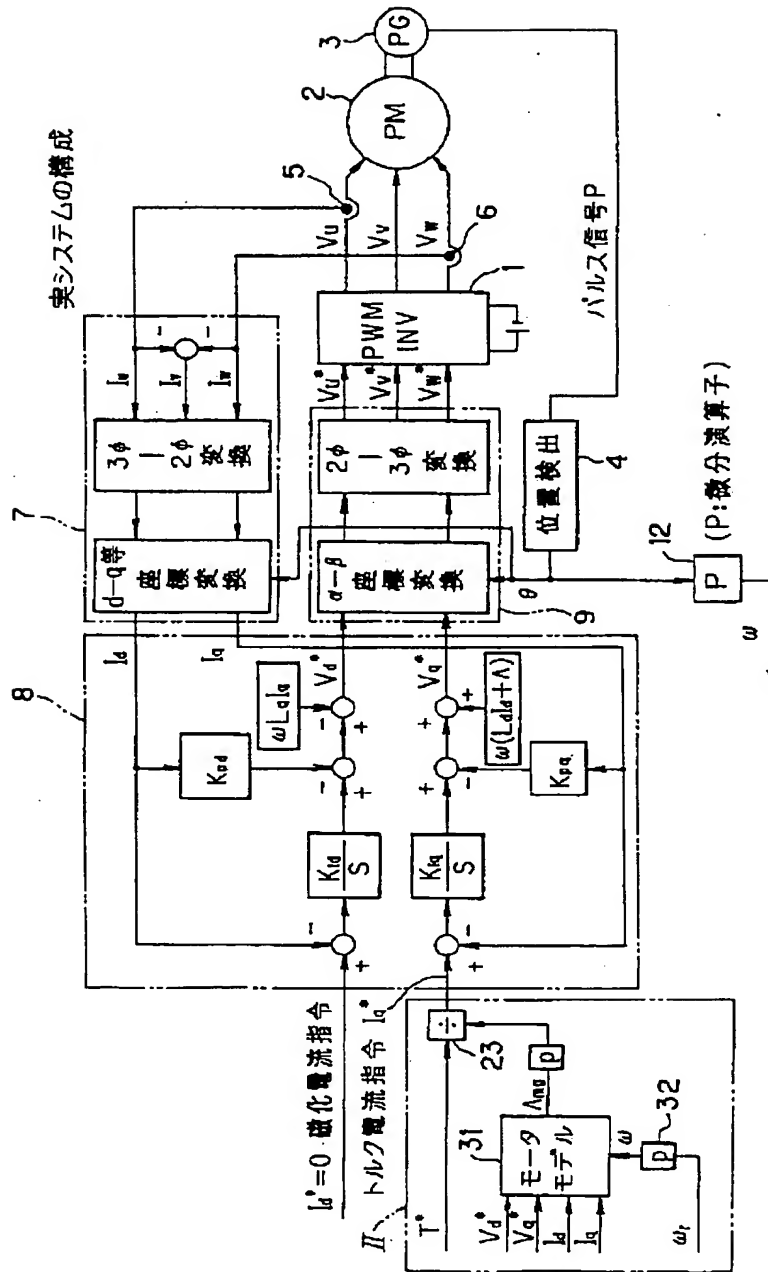
[ 伝達関数Gの例 ]

- ・ 比例 ( $K_p$ )
  - ・ 積分 ( $K_p / S$ )
  - ・ 一次遅れ ( $\frac{K_p}{1 + ST}$ )
  - ・ PI ( $K_p + \frac{K_I}{S}$ )
- $K_p$  : 比例定数  
 $K_I$  : 積分定数  
 $T$  : 一次遅れ時定数

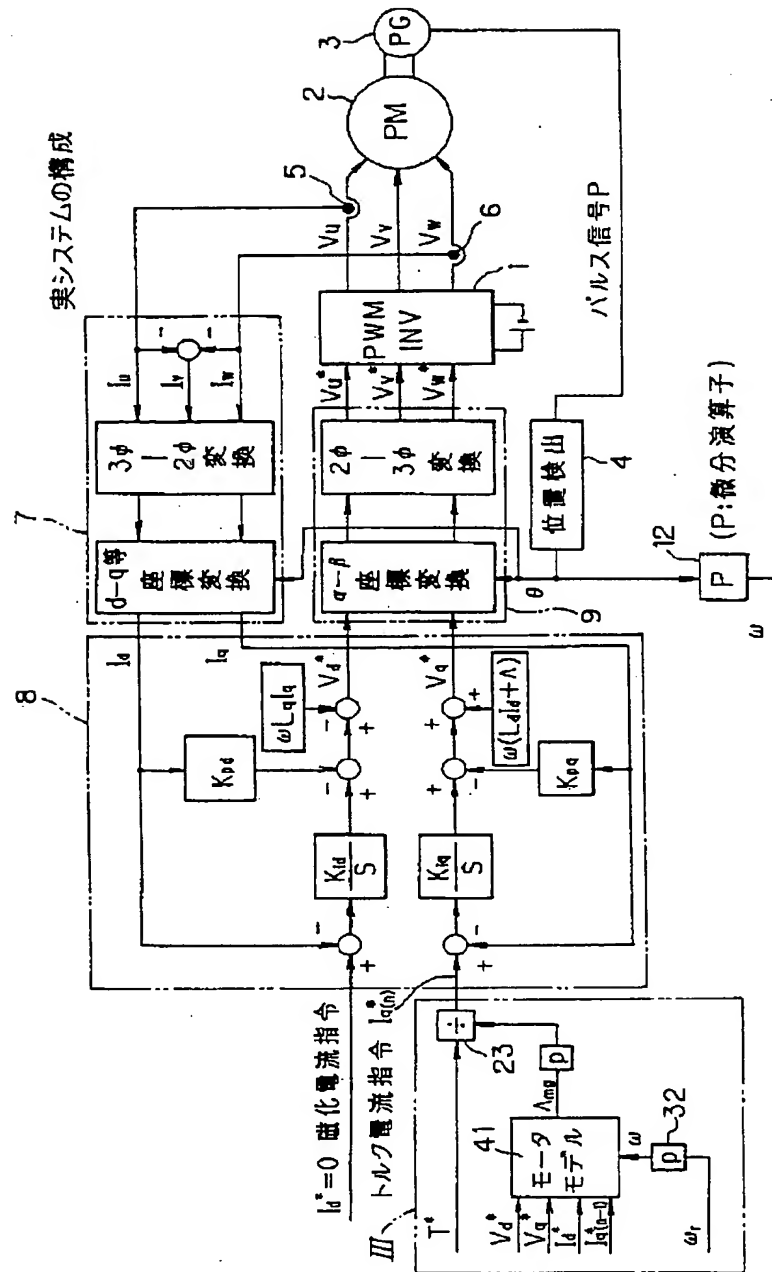


[illegible]

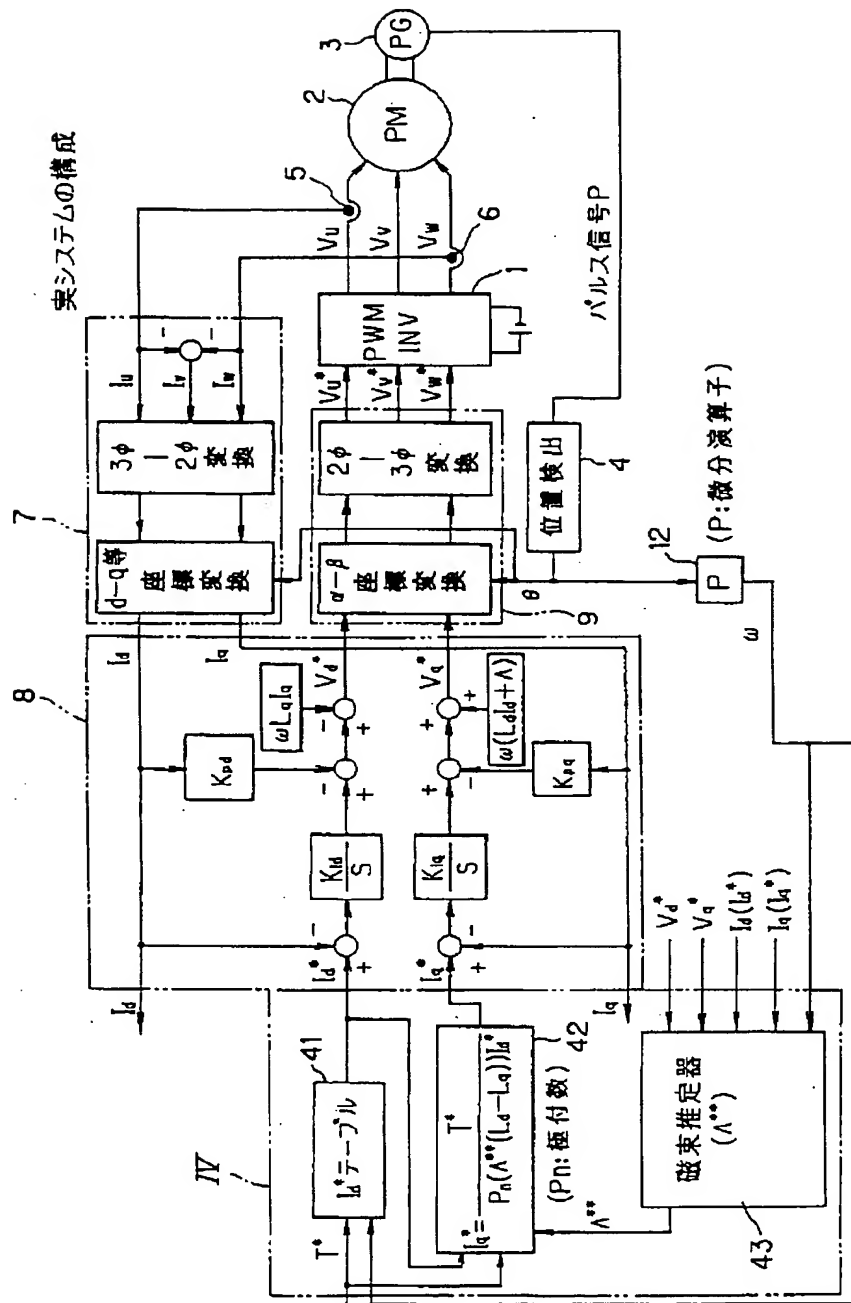
【図2】



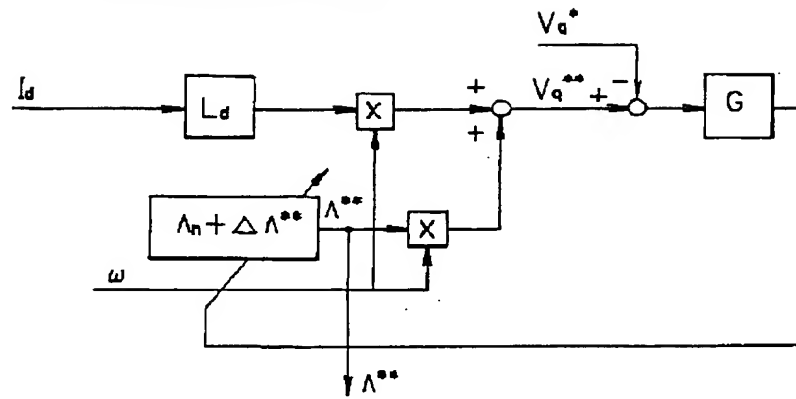
【図3】



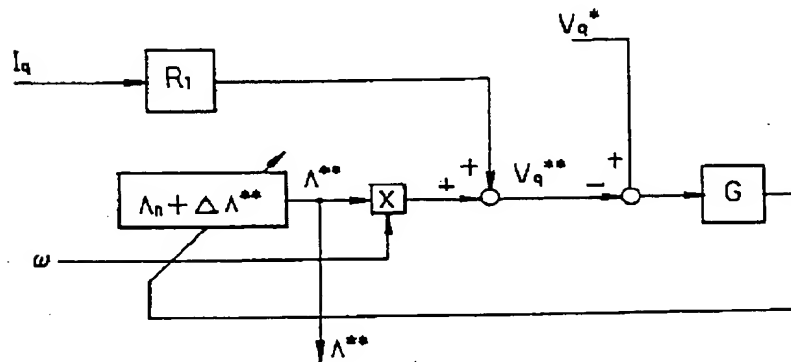
【図4】



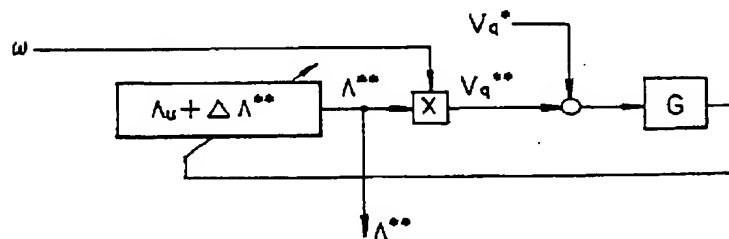
【図6】

(  $R_1$ の項を無視した場合 )

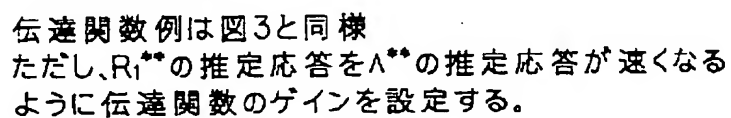
【図7】

(  $I_d=0$  制御の場合 )

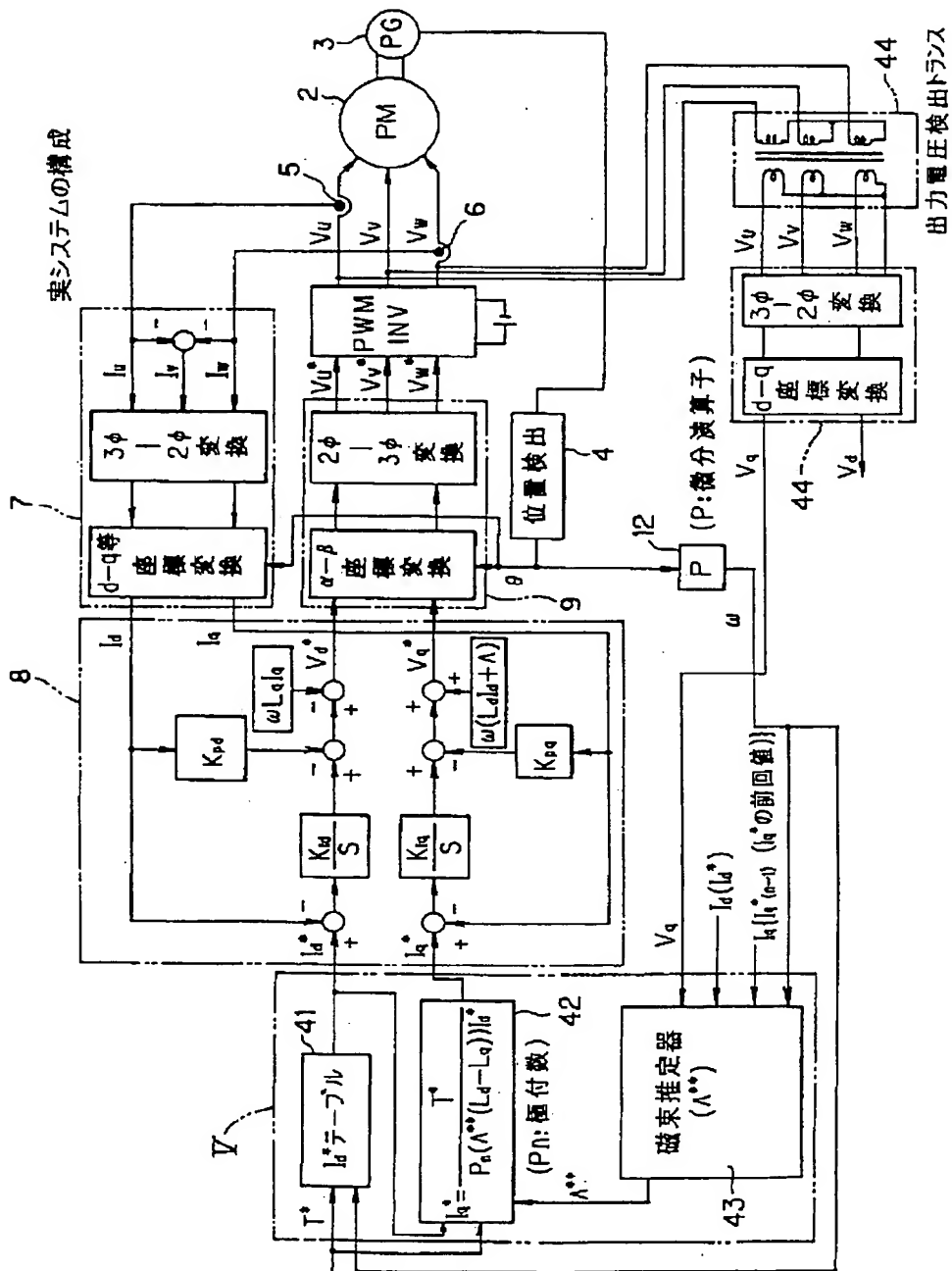
【図8】

(  $I_d=0$  制御 &  $R_1$ の項を無視 )

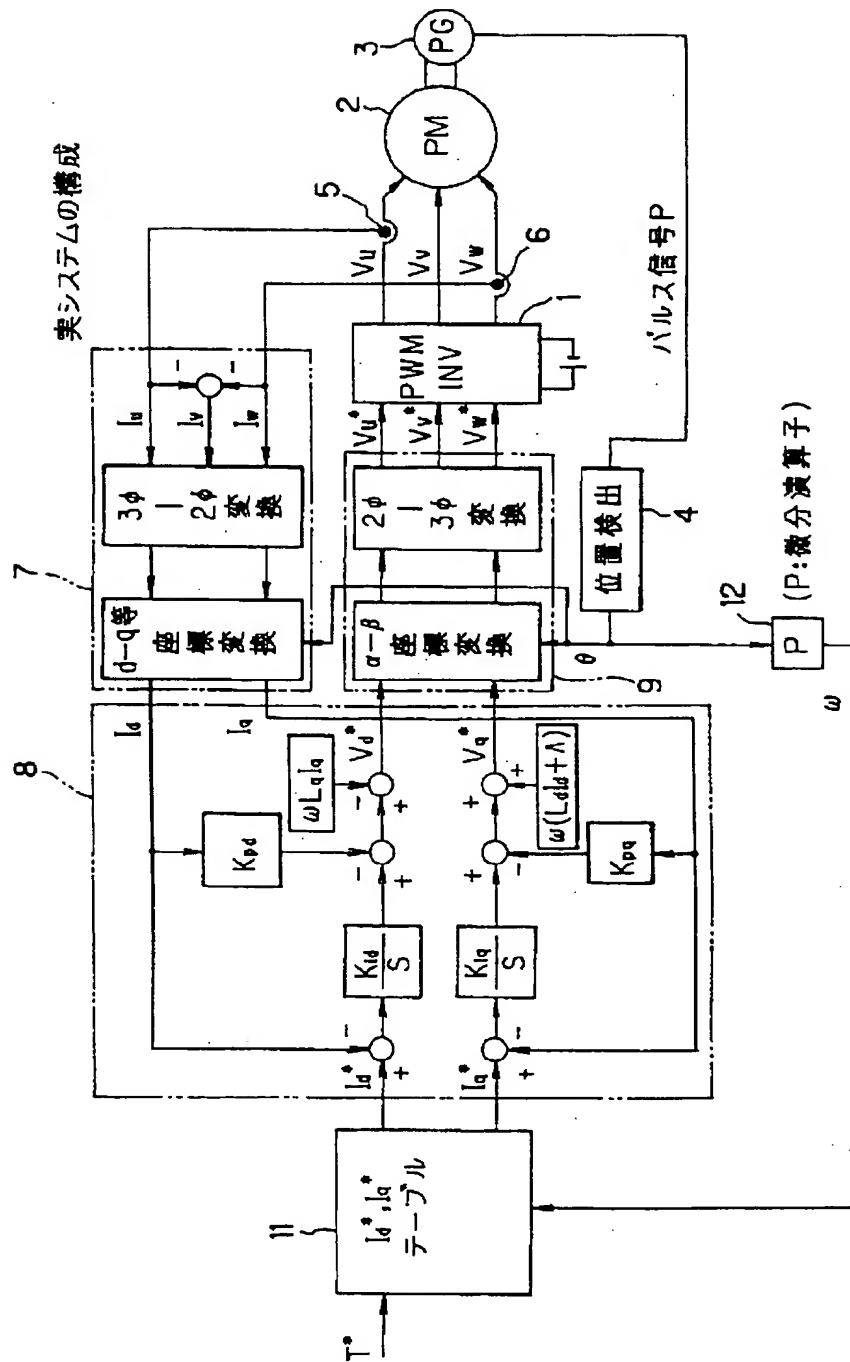
( R<sub>1</sub>の補償を追加した構成 )



## 実システムの構成

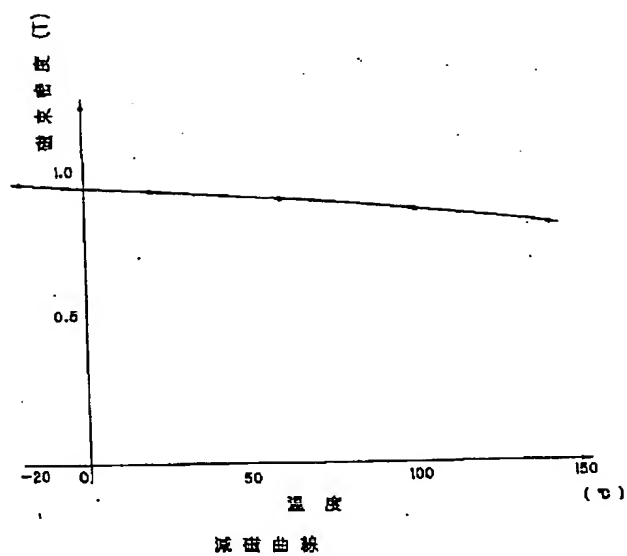


【図11】





【図12】



\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A temperature sensor which detects temperature of a permanent magnet in a control device of a dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field, While searching for magnetic flux based on temperature which has the magnetic flux table which has memorized the demagnetization characteristic corresponding to temperature of a permanent magnet, and was detected with a temperature sensor on a magnetic flux table, this magnetic flux, A control device of a dynamo-electric machine constituting so that a torque current command may be calculated based on a torque command and the above-mentioned dynamo-electric machine may be controlled based on this torque current command.

[Claim 2] A voltage command value supplied to the above-mentioned dynamo-electric machine in a control device of a dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field, While having a motor model in dq coordinate system which inputs information, including feedback current, speed, etc., which fed back current supplied to a dynamo-electric machine, and simulates operation of a dynamo-electric machine, A control device of a dynamo-electric machine constituting so that a torque current command may be calculated based on this magnetic flux and a torque command and the above-mentioned dynamo-electric machine may be controlled based on this torque current command, while searching for the present magnetic flux using this motor model.

[Claim 3] A control device of a dynamo-electric machine indicated to [claim 2] using a current command value instead of the above-mentioned feedback current.

[Claim 4] A control device of a dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field characterized by comprising the following.

A magnetizing current instruction table which outputs magnetizing current instructions determined as a meaning with a torque command and electrical angle frequency.

A flux estimating means which presumes field system magnetic flux of a dynamo-electric

machine based on torque voltage using field system magnetic flux of a dynamo-electric machine relating only to torque voltage.

A torque current command calculating means which performs an operation based on a magnetic flux point estimate presumed by a torque command, magnetizing current instructions, and a flux estimating means, and outputs a torque current command.

[Claim 5]A control device of a dynamo-electric machine indicated to [claim 4], wherein a flux estimating means is what presumes a magnetic flux point estimate that a deviation of torque voltage and a torque voltage point estimate which changes with change of field system magnetic flux becomes zero.

[Claim 6]A control device of a dynamo-electric machine indicated to [claim 5] characterized by disregarding and calculating a part for a voltage drop by armature resistance in the case of presumption of a magnetic flux point estimate.

[Claim 7]A control device of a dynamo-electric machine indicated to [claim 5] characterized by calculating magnetizing current as zero in the case of presumption of a magnetic flux point estimate.

[Claim 8]A control device of a dynamo-electric machine indicated to [claim 5] disregarding and calculating a part for a voltage drop by armature resistance while calculating magnetizing current as zero in the case of presumption of a magnetic flux point estimate.

[Claim 9]Any of [claim 6] - [claim 8] using torque voltage which detects input voltage of a dynamo-electric machine, and transforms and obtains this detection voltage when it is presumption of a magnetic flux point estimate, or a control device of a dynamo-electric machine characterized by what was indicated to one.

[Claim 10]Any of [claim 6] - [claim 8] characterized by using magnetizing current instructions and a torque current command in the case of presumption of a magnetic flux point estimate, or a control device of a dynamo-electric machine characterized by what was indicated to one.

[Claim 11]Any of [claim 6] - [claim 8] using magnetizing current and torque current which were fed back when it is presumption of a magnetic flux point estimate, or a control device of a dynamo-electric machine characterized by what was indicated to one.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]Especially this invention is applied to what has a permanent magnet as a field about the control device of a dynamo-electric machine, and is useful.

[0002]

[Description of the Prior Art]The permanent magnet synchronous motor (it omits the following "PM motor") driven with an inverter is mainly widely used as a small capacity AC servo motor.

[0003]Drawing 11 is a block diagram showing an example of the control device of this kind of PM motor with this PM motor. As shown in the figure, PM motor 2 rotates by supplying three phase current to PM motor 2 from PWM inverter 1. The speed detection machine 3 rotates with the rotator of PM motor 2, and outputs pulse signal P. The position detector 4 calculates the phase detection value theta which shows the rotor position (phase) of PM motor 2 based on pulse signal P.

[0004]The current detecting elements 5 and 6 calculate current detecting value  $I_U$  of U phase and W phase, and  $I_W$ . The coordinate transformation part 7 calculates current detecting value  $I_V$  of V phase from current detecting value  $I_U$  and  $I_W$ . The three phase / two phase conversion of current detecting value  $I_U$  of a three phase,  $I_V$ , and the  $I_W$  are carried out, and torque current detecting value  $I_q$  of a system of rotating axes and magnetizing current detection value  $I_d$  are calculated in consideration of the phase angle theta.

[0005]The current control 8 the deviation of torque current command  $I_q^*$  of a system of rotating axes and magnetizing current instruction  $I_d^*$ , and torque current detecting value  $I_q$  and magnetizing current detection value  $I_d$  proportionality and by carrying out an integration

operator, It asks for torque voltage command  $V_q^*$  of a system of rotating axes, and magnetization voltage command  $V_d^*$ .

[0006]Torque current command  $I_q^*$  is obtained by the current command table 11 based on torque command  $T^*$  here. That is, in the current command table 11, magnetizing current instruction  $I_d^*$  and torque current command  $I_q^*$  corresponding to torque command  $T^*$  are memorized as a table. Electrical angle frequency  $\omega$  which differentiates and acquires the phase detection value  $\theta$  with the differentiator 12 is supplied to this current command table 11 as a reference signal. In this way, the current command table 11 sends out magnetizing current instruction  $I_d^*$  and torque current command  $I_q^*$  which become settled uniquely with reference to electrical angle frequency  $\omega$  based on torque command  $T^*$ .

[0007]The coordinate transformation part 9 transforms torque voltage command  $V_q^*$  of a system of rotating axes, and magnetization voltage command  $V_d^*$ , and asks for voltage command  $V_U^*$  of the three phase of rest frame,  $V_V^*$ , and  $V_W^*$ .

[0008]In the PWM modulation part which this builds in, PWM inverter 1 controls an inverter part based on voltage command  $V_U^*$ ,  $V_V^*$ , and  $V_W^*$ . Thereby, three phase power is supplied to PM motor 2 from PWM inverter 1.

[0009]The method of controlling by making magnetizing current  $I_d$  into zero as one of the control methods of PM motor 2 using this control device is known. It controls by this control method not to pass magnetizing current  $I_d$  which is a current component parallel to a magnetic flux axis. According to this control method, since torque is proportional to the amplitude of torque current  $I_q$ , controllability is good. Torque current is a current component which intersects perpendicularly with a magnetic flux axis.

[0010]That is, by changing the value of torque current command  $I_q^*$ , output torque  $T$  of PM motor 2 can be controlled by the control device mentioned above, and output torque  $T$  of PM motor 2 at this time is shown by the following formula (1) with it.

$$T = p_n \lambda I_q \quad \text{-- (1)}$$

However, the number  $p_n$  of pole pairs: The flux linkage by a permanent magnet [0011]

In the former, the value of torque current command  $I_q^*$  for obtaining required torque command  $T^*$  was calculated using the following formula (2) which transformed and obtained the formula

(1) noting that the value of the flux linkage  $\lambda$  was constant.

$$I_q^* = T^* / p_n \lambda \quad \text{-- (2)}$$

[0012] That is, when torque command  $T^*$  was given, division of this torque command  $T^*$  was carried out with constant value ( $p_n \lambda$ ), and it was asking for torque current command  $I_q^*$ .

[0013] A maximum torque control, maximum efficiency control, etc. are known as other control methods using the control device like \*\*\*\*. In this case, according to electrical angle frequency  $\omega$  showing the number of rotations of torque command  $T^*$  and PM motor 2, magnetizing current instruction  $I_d^*$  and torque current command  $I_q^*$  are determined.

[0014] Output torque  $T$  of PM motor 2 at this time is shown by the following formula (3).

$$T = P_n \{ \lambda I_d + \omega (L_d - L_q) I_d \text{ and } I_q \} \quad \text{-- (3)}$$

However, the number of  $P_n$ : pole pairs, the flux linkage by  $\lambda$ : permanent magnet,  $\omega$ : electrical-angle frequency,  $L_d$ : straight-axis inductance,  $L_q$ : horizontal-axis inductance,  $I_d$ : magnetizing current,  $I_q$ : Torque current [0015] Also in this case, it is asking for magnetizing current  $I_d^*$  and torque current command  $I_q^*$  noting that the value of the flux linkage  $\lambda$  of a formula (3) is constant.

[0016]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, the rate of demagnetization will become large, if the flux linkage  $\lambda$  by a permanent magnet decreases as the temperature of a permanent magnet goes up, especially becomes an elevated temperature, as shown in drawing 12.

[0017] Therefore, if it becomes an elevated temperature, the flux linkage  $\lambda$  will decrease, and output torque  $T$  will become small. That is, since the demagnetization by a rise in heat was not taken into consideration in the former, when motor operation was carried out in an elevated-temperature situation, the torque  $T$  actually outputted from PM motor 2 was small to torque command  $T^*$ .

[0018] An object of this invention is to provide the control device of the dynamo-electric machine with which the output torque which corresponded to the torque command correctly even if temperature rose is obtained in view of the above-mentioned conventional technology.

[0019]

[Means for Solving the Problem] Composition of this invention which solves an aforementioned problem is characterized by the following point.

[0020] (1) In a control device of a dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field, While searching for magnetic flux based on temperature which has a temperature

sensor which detects temperature of a permanent magnet, and the magnetic flux table which has memorized the demagnetization characteristic corresponding to temperature of a permanent magnet, and was detected with a temperature sensor on a magnetic flux table, this magnetic flux, It constituted so that a torque current command might be calculated based on a torque command and the above-mentioned dynamo-electric machine might be controlled based on this torque current command.

[0021](2) In a control device of a dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field, While having a motor model in dq coordinate system which inputs information, including feedback current, speed, etc., which fed back a voltage command value supplied to the above-mentioned dynamo-electric machine, and current supplied to a dynamo-electric machine, and simulates operation of a dynamo-electric machine, It constituted so that a torque current command might be calculated based on this magnetic flux and a torque command and the above-mentioned dynamo-electric machine might be controlled based on this torque current command, while searching for the present magnetic flux using this motor model.

[0022](3) In (2), a current command value was used instead of feedback current.

[0023](4) In a control device of a dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field, A magnetizing current instruction table which outputs magnetizing current instructions determined as a meaning with a torque command and electrical angle frequency, A flux estimating means which presumes field system magnetic flux of a dynamo-electric machine based on torque voltage using field system magnetic flux of a dynamo-electric machine relating only to torque voltage, Have a torque current command calculating means which performs an operation based on a magnetic flux point estimate presumed by a torque command, magnetizing current instructions, and a flux estimating means, and outputs a torque current command.

[0024](5) In (4), a flux estimating means should presume a magnetic flux point estimate that a deviation of torque voltage and a torque voltage point estimate which changes with change of field system magnetic flux becomes zero.

[0025](6) Disregard and calculate a part for a voltage drop by armature resistance in (5) in the case of presumption of a magnetic flux point estimate.

[0026](7) Calculate magnetizing current as zero in (5) in the case of presumption of a magnetic flux point estimate.

[0027](8) In (5), while calculating magnetizing current as zero in the case of presumption of a magnetic flux point estimate, disregard and calculate a part for a voltage drop by armature resistance.

[0028](9) (6) In any of - (8), or one, in the case of presumption of a magnetic flux point estimate, detect input voltage of a dynamo-electric machine and use torque voltage which transforms and obtains this detection voltage.

[0029](10) (6) Use magnetizing current instructions and a torque current command in any of - (8), or one in the case of presumption of a magnetic flux point estimate.

[0030](11) (6) Use magnetizing current and torque current which were fed back in any of - (8), or one in the case of presumption of a magnetic flux point estimate.

[0031][Function] -- according to this invention of the account composition of a top, the magnetic flux at the time of actual operation of a dynamo-electric machine is searched for as an output of a magnetic flux table or a motor model. Next, torque part current is searched for based on this magnetic flux and torque command, and let this torque part current be a command value of a current control system. The influence of the demagnetization which is dependent on the temperature of a permanent magnet in this way is compensated.

[0032]In the thing of the presumed method of magnetic flux, since field system magnetic flux can be presumed based on torque voltage, the torque part current based on this magnetic flux point estimate can be made into the command value of a current control system.

[0033]

[Embodiment of the Invention]An embodiment of the invention is described in detail based on a drawing below. Each of each gestalten provides a demagnetization compensation part instead of the current command table 11 in the control device shown in drawing 11. Then, the same number is given to drawing 11 and identical parts, and each embodiment is described. The explanation which overlaps with drawing 11 is omitted at this time.

[0034]Drawing 1 is a block diagram which extracts the demagnetization compensation part I concerning a 1st embodiment of this invention, and is shown with the close part. This gestalt performs temperature monitoring of a permanent magnet in  $I_d^* = 0$  control, and amends torque current command  $I_q^*$ .

[0035]As shown in drawing 1, the demagnetization compensation part I has the magnetic flux table 21, the pole set part 22, and the divider 23.

[0036]The magnetic flux table 21 is a data table which has memorized the demagnetization characteristic of the magnetic flux by the temperature created with the data sheet of the permanent magnet of PM motor 2, etc., For example, temperature sensors, such as a thermo sensitive register, detect motor stator temperature, and temperature  $t_{mg}$  [\*\*] of the permanent magnet by the side of a rotator is substituted as temperature information, and it is supplied. As a result, the magnetic flux table 21 sends out the information on magnetic flux  $\lambda_{mg}$  corresponding to temperature  $t_{mg}$ .

[0037]The pole set part 22 multiplies magnetic flux  $\lambda_{mg}$  by a pole number, and is taken as an output. The divider 23 does division of the torque command  $T^*$  with the output



( $\lambda_{mg}$ ) of the pole set part 22.

[0038]In this embodiment, the output of the divider 23 serves as  $T^*/p_n \lambda_{mg}$ , and as for this output, if said formula (1) is referred to, a clear passage will become torque current command  $I_q^*$ . That is, according to this gestalt, torque current command  $I_q^*$  is amended according to the temperature characteristics of a permanent magnet. As a result, the demagnetization characteristic accompanying a rise in heat is compensated, and desired torque is acquired.

[0039]Drawing 2 is a block diagram which extracts the demagnetization compensation part II concerning a 2nd embodiment of this invention, and is shown with the close part. This gestalt amends torque current command  $I_q^*$  using a motor model in  $I_d^*=0$  control, and the portions which calculate magnetic flux  $\lambda_{mg}$  from the 1st gestalt only differ. Then, the same number is given to drawing 1 and identical parts, and the overlapping explanation is omitted.

[0040]As shown in drawing 2, the demagnetization compensation part II has the motor model 31, the pole set part 22, and the divider 23.

[0041]The motor model 31 Magnetization voltage command  $V_d^*$ , torque voltage command  $V_q^*$ , It is a kind of simulator which realized the motor equivalent to PM motor 2 electronically by inputting the amount of each of electrical angle frequency  $\omega$  which processes and obtains magnetizing current detection value  $I_d$ , torque current detecting value  $I_q$ , and speed  $\omega_r$  by the pole set part 32, and processing these data.

[0042]The voltage equation in the rotational-coordinates (dq coordinates) system of PM motor 2 turns into the following formula (4) and (5) above.

$$V_d = R_1 I_d - \omega L_q I_q \quad \text{-- (4)}$$

$$V_q = R_1 I_q + \omega L_d I_d + \omega (\lambda_{mg} + M_f I_f) \quad \text{-- (5)}$$

However,  $R_1$ :armature resistance,  $\omega$ : Electrical angle frequency  $V_d$ , a  $V_q$ :d axis, q axis voltage [0043]Here Magnetization voltage command  $V_d^*$  of dq shaft current control system,

torque voltage command  $V_q^*$ , Magnetic flux  $\lambda_{mg}$  of the magnet at the present temperature can be calculated with the following formula (6) which transformed the formula (5) by magnetizing current detection value  $I_d$ , torque current detecting value  $I_q$ , and electrical angle frequency  $\omega$ .

$$\lambda_{mg} = V_q^* / \omega - R_1 I_q / \omega - L_d I_d - M_f I_f \quad \text{-- (6)}$$

[0044]Torque current command  $I_q^*$  which compensated the influence by the demagnetization of a permanent magnet is obtained by carrying out the same processing as the 1st gestalt

using magnetic flux  $\lambda_{mg}$  which can be found by a formula (6) in this way.

[0045]When a noise rides on magnetizing current detection value  $I_d$  and torque current detecting value  $I_q$  to feed back, magnetizing current instruction  $I_d^* = 0$  and torque current command  $I_q^*$  may be used for instead of [ these ]. Here, an operation is possible because magnetizing current instruction  $I_q^*$  uses previous value  $I_{q(n-1)}^*$  on the assumption that a digital control.

[0046]This case is shown in drawing 3 as the 3rd example. As shown in the figure, the motor model 41 of the demagnetization compensation part III is inputted to the motor model 31, and the points using magnetizing current instruction  $I_d^*$  and torque current command  $I_q^*$  only differ. Then, the same number is given to drawing 2 and identical parts, and the overlapping explanation is omitted.

[0047]Magnetic flux  $\lambda_{mg}$  in this gestalt is calculated with a following formula (7).

$$\lambda_{mg} = V_q^* / \omega - R_1 I_q^* / \omega - L_d I_d^* - M_f I_f \quad (7)$$

[0048]The 2nd and 3rd gestalten that use the motor models 31 and 41 like \*\*\*\* are used when temperature of a permanent magnet cannot be supervised, and they will become useful especially.

[0049]Drawing 4 is a block diagram which extracts the demagnetization compensation part IV concerning a 4th embodiment of this invention, and is shown with the close part. In a maximum torque control and the constant output control (for example, refer to JP,7-322673,A) by a field weakening, this gestalt amends magnetizing current instruction  $I_d^*$  and torque current command  $I_q^*$  using magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$  fundamentally.

[0050]The voltage equation of PM motor 2 in this case is expressed with a following formula (8) in a stationary state on synchronous rotational coordinates (d-q axis).

$$V_d = R_1 I_d - \omega L_q I_q \quad V_q = R_1 I_q + \omega L_d I_d + \omega \lambda \quad (8)$$

$R_1$ : Armature resistance  $L_d, L_q$ : d, q axis inductance, and the torque T are expressed with the above-mentioned formula (3).

[0051]In a formula (3), if the flux linkage  $\lambda$  changes with temperature changes, the torque T will change, but the torque control which is correctly in agreement to torque command  $T^*$  becomes possible by calculating a current command value by presuming the flux linkage  $\lambda$  by the temperature change at this time.

[0052]As shown in drawing 4, the demagnetization compensation part IV has the magnetizing current instruction table 41, the torque current command operation part 42, and the magnetic

flux presumption machine 43. The magnetizing current instruction table 41 has memorized as a table magnetizing current instruction  $I_d^*$  determined as a meaning by torque command  $T^*$  and electrical angle frequency  $\omega$  among these. The torque current command operation part 42 performs a predetermined operation based on magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$  presumed with torque command  $T^*$ , magnetizing current instruction  $I_d^*$ , and the magnetic flux presumption machine 43, and outputs torque current command  $I_q^*$ . Magnetizing current instruction  $I_d^*$  and torque current command  $I_q^*$  which were obtained as a result are supplied to the current control 8.

[0053] In this gestalt of this, it is drawn from electrical angle frequency  $\omega$  and torque command  $T^*$  from a table so that magnetizing current instruction  $I_d^*$  may perform a maximum torque control and the constant output control by a field weakening first.

[0054] If torque command  $T^*$ , magnetizing current instruction  $I_d^*$ , and electrical angle frequency  $\omega$  are determined as a result and magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$  which is a point estimate of the flux linkage  $\lambda$  is given, a formula (3) will be transformed and torque current command  $I_q^*$  will be called for.

[Equation 1]

$$I_q^* = \frac{T^*}{P_n (\lambda^{**} + \omega (L_d - L_q)) I_d^*} \quad \dots (9)$$

The operation of a formula (9) is performed by the torque current command operation part 42.

It asks for magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$  by the following principle.

[0055] That is, in a formula (8), the flux linkage  $\lambda$  influences only the formula of torque voltage  $V_q$ . Here, since armature resistance  $R_1$  and d axis inductance  $L_d$  are known as a motor parameter, when torque voltage point estimate  $V_q^{**}$  considers it as magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$ , they are expressed with a following formula (10).

$$V_q^{**} = R_1 I_d + \omega L_d I_d + \omega \lambda^{**} \quad \dots (10)$$

$$(\lambda^{**} = \lambda_n + \Delta \lambda^{**})$$

However, initialized-value  $\Delta \lambda^{**}$  of  $\lambda_n$ : magnetic flux: A point estimate of a flux variation [0056] Since feedback control is carried out in the current control 8 of drawing 4 so that magnetization and a torque current command  $(I_d^*, I_q^*)$  may be in agreement with

magnetization and torque current ( $I_d$ ,  $I_q$ ), When the flux linkage  $\lambda$  of PM motor 2 changes with temperature changes, A deviation arises in required in order to send current of magnetizing current instruction  $I_d^*$  and torque current command  $I_q^*$  torque voltage command value  $V_q^*$ , and torque voltage point estimate  $V_q^{**}$  called for by a formula (10).

[0057]Since this voltage deviation supports point estimate  $\Delta\lambda^{**}$  of a flux variation, it can presume  $\Delta\lambda^{**}$  with a following formula (11).

$$\Delta\lambda^{**} = G \cdot (V_q^* - V_q^{**}) \quad -- (11)$$

However, G: Magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$  is called for with a following formula (12) from a transfer function type (11).

$$\lambda^{**} = \lambda_n + G \cdot (V_q^* - V_q^{**}) \quad -- (12)$$

[0058]Drawing 5 is a block diagram showing the 1st example of the magnetic flux presumption machine 43. Here, if magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$  is presumed so that a deviation of  $(V_q^* - V_q^{**})$  may be set to 0, and  $(V_q^* - V_q^{**})$  is set to 0, the flux linkage  $\lambda$  of actual PM motor 2 and point estimate  $\lambda^{**}$  are in agreement.

[0059]Drawing 6 is a block diagram showing an example of 2 besides the magnetic flux presumption machine 43. In a formula (10), since it is small voltage component  $R_1 I_q$  by armature resistance  $R_1$  as compared with other paragraphs, if it is disregarded, as shown in drawing 6, an operation will become easy, and it will become unnecessary [ magnetizing current  $I_d$  ]. This example is effective when number of rotations is high. It is because it becomes  $\gg (\omega L_d I_d + \omega \lambda) R_1 I_q$  when electrical angle frequency  $\omega$  is large.

[0060]The  $I_d=0$  same control as a case where this gestalt is shown in drawing 1 - drawing 3 can be performed. That is, when using neither a maximum torque control nor weak field control, control ( $I_d=0$  control) which sets magnetizing current  $I_d$  to zero is used. This control is a method well used for PM motor 2 called SPM which stuck a magnet on the rotor surface. The block diagram is shown for this in drawing 7 as the 3rd example of the magnetic flux presumption machine 43. In this case, a formula (10) is  $V_q^{**} = R_1 I_q + \omega \lambda^{**}$  because of  $I_d=0$ . -- (13)

Magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$  can be presumed with composition shown in a next door and drawing 7.

[0061]A paragraph of armature  $R_1$  can be disregarded in  $I_d=0$  control. This is shown in drawing

7 as the 4th example of the magnetic flux presumption machine 43. According to this example, as shown in the figure,  $\lambda^{**}$  can be presumed with still easier composition.

[0062] Although armature resistance  $R_1$ , d axis inductance  $L_d$ , and q axis inductance  $L_q$  are made into a known value, until now, Although influence is actually small as compared with change of the flux linkage  $\lambda$  by a temperature change of a rotor, armature resistance  $R_1$  of a stator winding also changes with temperature. Although it is also possible to attach a thermo sensitive register etc. about a stator winding, to detect temperature, and to amend armature resistance  $R_1$ , a method which presumes armature resistance  $R_1$  without using a sensor is shown below as the 5th example of the magnetic flux presumption machine 43.

[0063] In a formula (8),  $V_d^{**}$  is calculable from a parameter of armature resistance  $R_1$  and q axis inductance  $L_q$ . Here, since q axis inductance  $L_q$  does not change with temperature, only influence of change of armature resistance  $R_1$  by a stator winding temperature change appears in  $V_d^{**}$ . d axis voltage point estimate  $V_d^{**}$  is  $V_d^{**} = R_1^{**} I_d^{**} - \omega L_q I_q$  when a point estimate of armature resistance  $R_1$  is made into armature resistance point estimate  $R_1^{**}$ . -- (14)

$$(R_1^{**} = R_{1n} + \Delta R_1^{**})$$

$R_{1n}$ : Armature resistance point estimate  $R_1^{**}$  can presume as follows like a presumed method of point estimate [ of initialized value  $\Delta R_1$ : armature resistance variation of armature resistance ], therefore magnetic flux resistance  $\lambda^{**}$ . That is,  $\Delta R_1^{**} = G_2 (V_d^* - V_d^{**})$  -- (15)

$$G_2: \text{Transfer function } R_1^{**} = R_{1n} + G_2 (V_d^* - V_d^{**}) \text{ -- (16)}$$

[0064] A block diagram of the magnetic flux presumption machine 43 concerning the 5th example is shown in drawing 9. In this example, armature resistance point estimate  $R_1^{**}$  is presumed so that a deviation of  $(V_d^* - V_d^{**})$  may be set to 0, and it operates so that it may be in agreement with actual armature  $R_1$ . By setting up a gain of transfer function  $G_1$  and  $G_2$ , etc. here so that a presumed response of armature resistance point estimate  $R_1^{**}$  may become quicker than a presumed response of magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$ , At the time of presumption of magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$  by an operation of torque voltage point

estimate  $V_q^{**}$ , armature resistance point estimate  $R_1^{**}$  can be completed as a true value, and exact magnetic flux point estimate  $\lambda^{**}$  can be obtained.

[0065]Although magnetization and a torque voltage command ( $V_d^*$ ,  $V_q^*$ ) which are the amount of arithmetic control are used for an input of the magnetic flux presumption machine 43 until now, A method which calculates magnetization voltage  $V_d$  and torque voltage  $V_q$ , and is inputted into the magnetic flux presumption machine 43 may be used by detecting and transforming output voltage of PWM inverter 1. A block diagram is shown for this embodiment in drawing 10 as a 5th embodiment of this invention. As shown in the figure, in this gestalt, the output voltage detection transformer 44 detects output voltage of PWM inverter 1, this output is transformed by the coordinate transformation part 45, and sulfuration voltage  $V_d$  and torque voltage  $V_q$  are calculated. That is, in this gestalt, the output voltage detection transformer 44 and the coordinate transformation part 45 are added to a 4th embodiment shown in drawing 4, and the demagnetization compensation part V is constituted. All the examples shown in drawing 5 - drawing 9 also in the magnetic flux presumption machine 43 in this gestalt are applicable.

[0066]Although a current feedback value ( $I_d$ ,  $I_q$ ) which detected and transformed motor current to a current input of the magnetic flux presumption machine 43 in drawing 5 - drawing 10 is used, In control of drawing 4, since feedback control of the current is carried out to a command value, a command value ( $I_d^*$ ,  $I_q^*$ ) and a feedback value ( $I_d$ ,  $I_q$ ) are mostly in agreement. Therefore, same effect is acquired even if it changes a current input of the magnetic flux presumption machine 43 of drawing 4 to  $I_d$ , command value  $I_d^*$  from  $I_q$ , and  $I_q^*$ .

[0067]

[Effect of the Invention]As concretely explained with the embodiment above, since a demagnetized part by the temperature of a permanent magnet can be compensated according to this invention, the exact control corresponding to the part command value is realizable.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The block diagram showing a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2]The block diagram showing a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 3]The block diagram showing a 3rd embodiment of this invention.

[Drawing 4]The block diagram showing a 4th embodiment of this invention.

[Drawing 5]The block diagram showing the 1st example that is an example of the magnetic flux presumption machine in drawing 4.

[Drawing 6]The block diagram showing the 2nd example that is an example of a magnetic flux presumption machine.

[Drawing 7]The block diagram showing the 3rd example that is an example of a magnetic flux presumption machine.

[Drawing 8]The block diagram showing the 4th example that is an example of a magnetic flux presumption machine.

[Drawing 9]The block diagram showing the 5th example that is an example of a magnetic flux presumption machine.

[Drawing 10]The block diagram showing a 5th embodiment of this invention.

[Drawing 11]The block diagram showing conventional technology.

[Drawing 12]The graph which shows the temperature characteristics of a permanent magnet.

### [Description of Notations]

I, II, III, IV, and V Demagnetization compensation part

21 Magnetic flux table

31 and 41 Motor model

23 Divider

41 Magnetizing current instruction table

42 Torque current command operation part

43 Magnetic flux presumption machine

44 Output voltage detection transformer

45 Coordinate transformation part

$T^*$  torque command

$I_q^*$  torque part current command

$t_{mg}$  temperature

$\lambda_{mg}$  magnetic flux

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

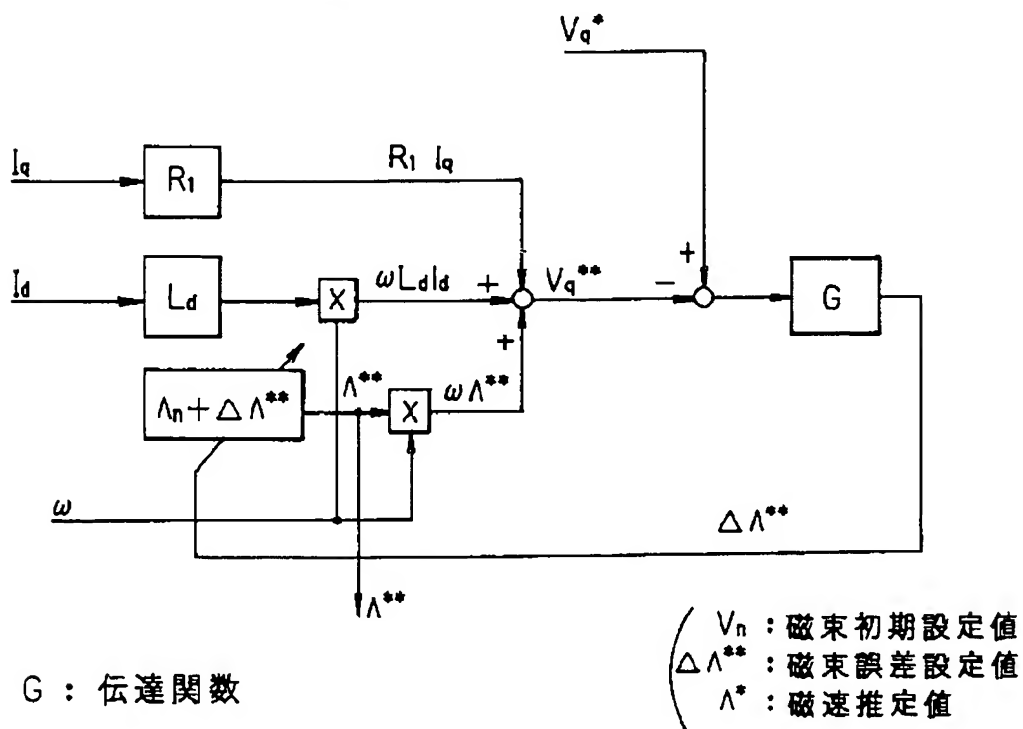
2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 5]

( 磁束推定器の構成 )

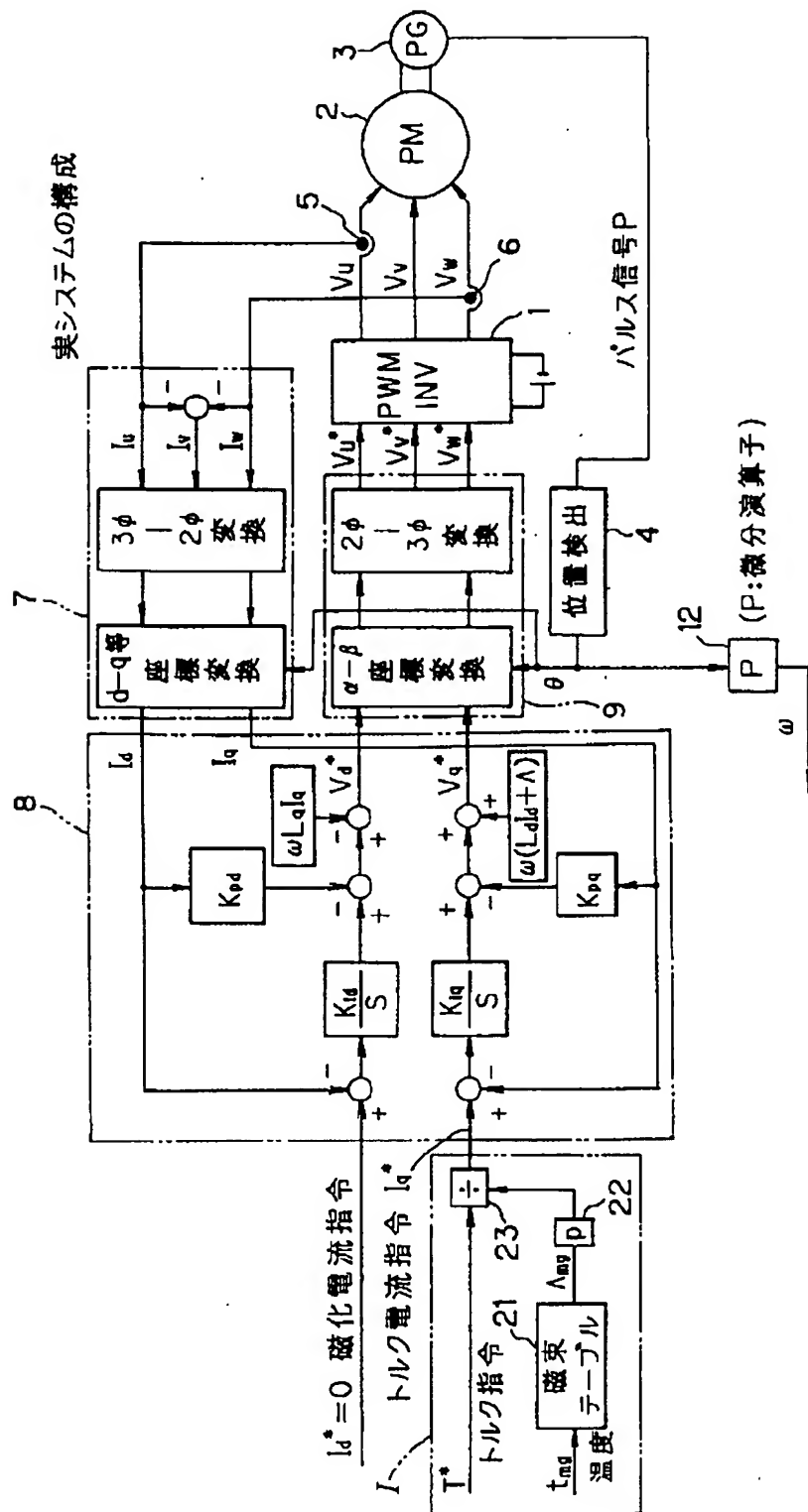


G : 伝達関数

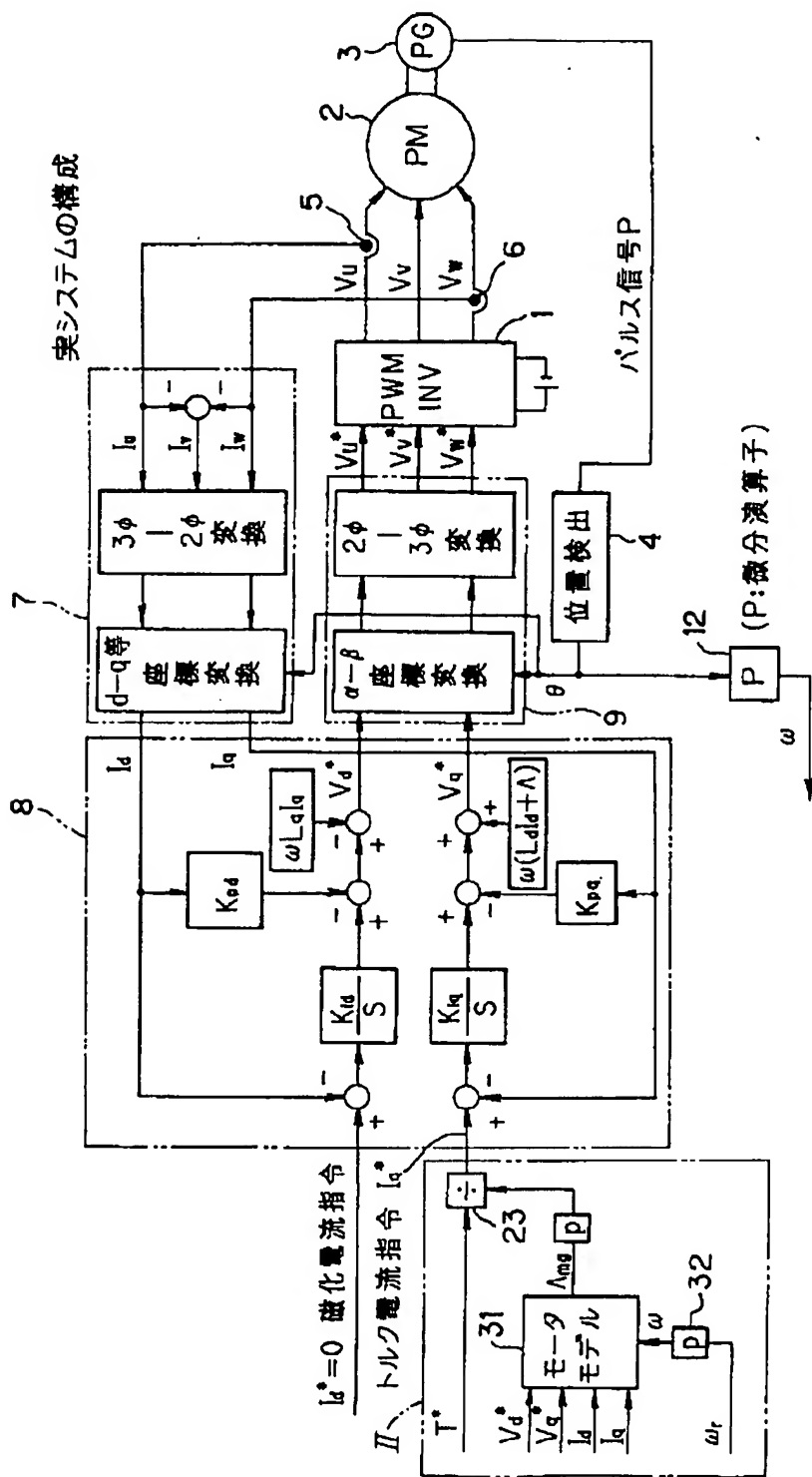
[ 伝達関数Gの例 ]

- ・ 比例 ( $K_p$ )                       $K_p$  : 比例定数
- ・ 積分 ( $K_p / S$ )                       $K_I$  : 積分定数
- ・ 一次遅れ ( $\frac{K_p}{1+ST}$ )                       $T$  : 一次遅れ時定数
- ・ PI ( $K_p + \frac{K_I}{S}$ )

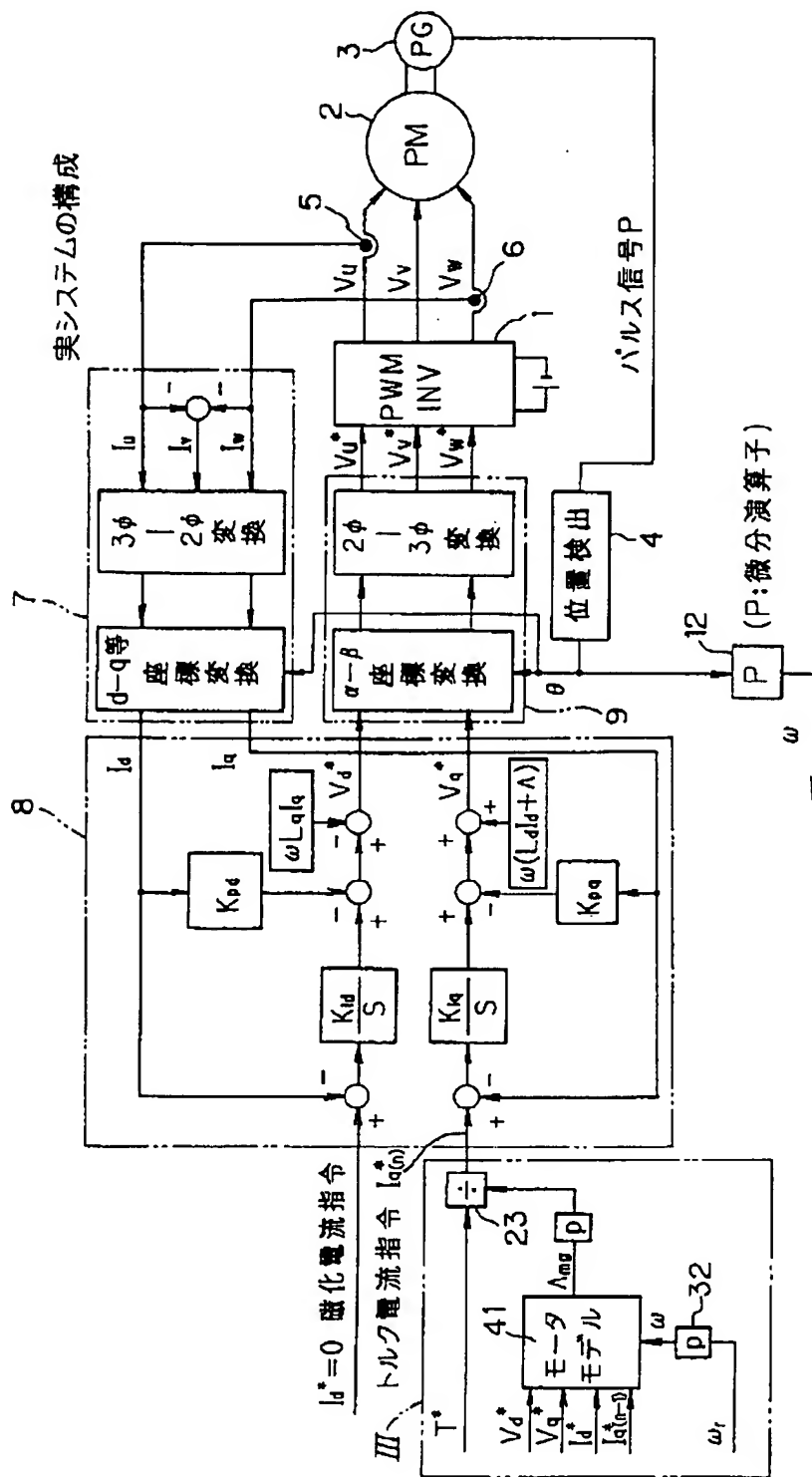
[Drawing 1]



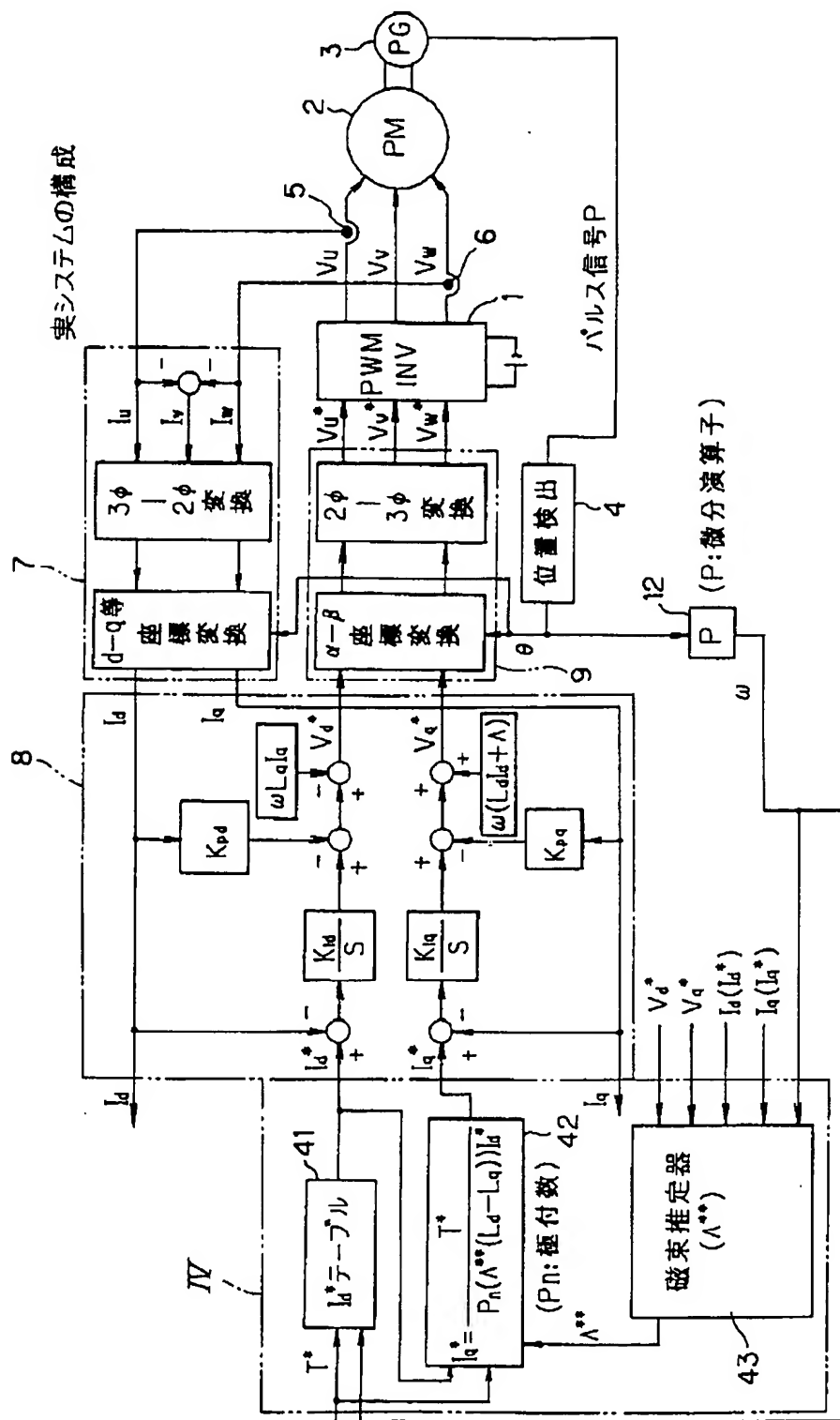
[Drawing 2]



[Drawing 3]

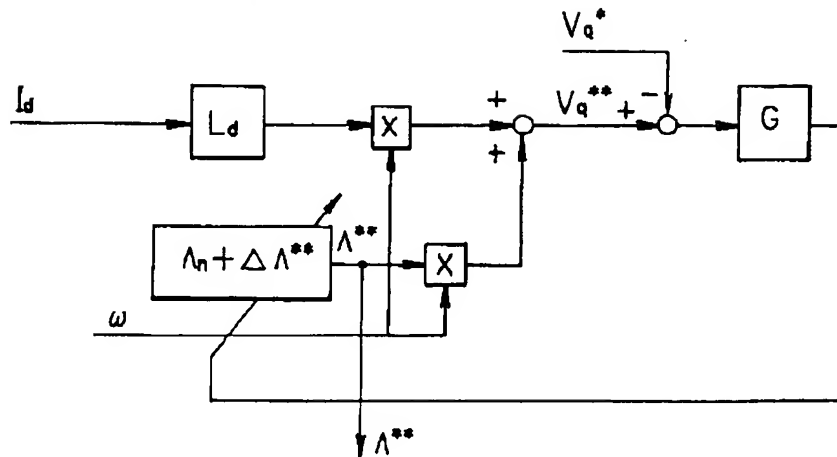


[Drawing 4]



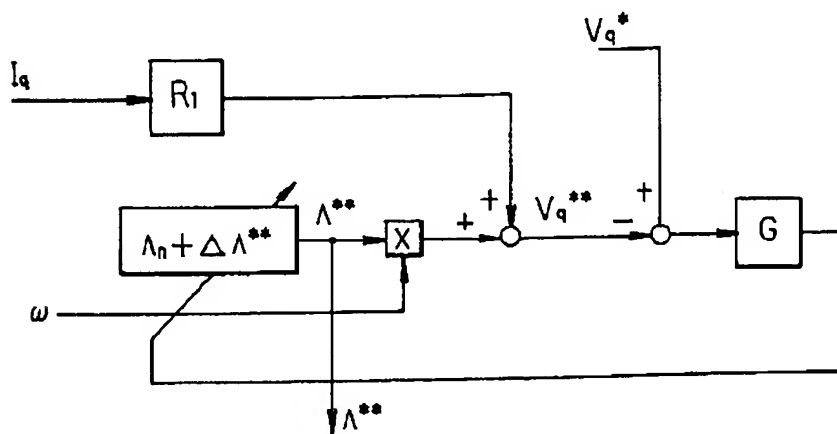
[Drawing 6]

(  $R_1$ の項を無視した場合 )



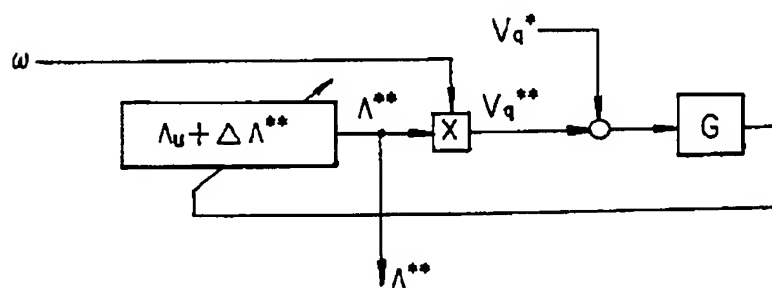
[Drawing 7]

(  $I_d=0$  制御の場合 )



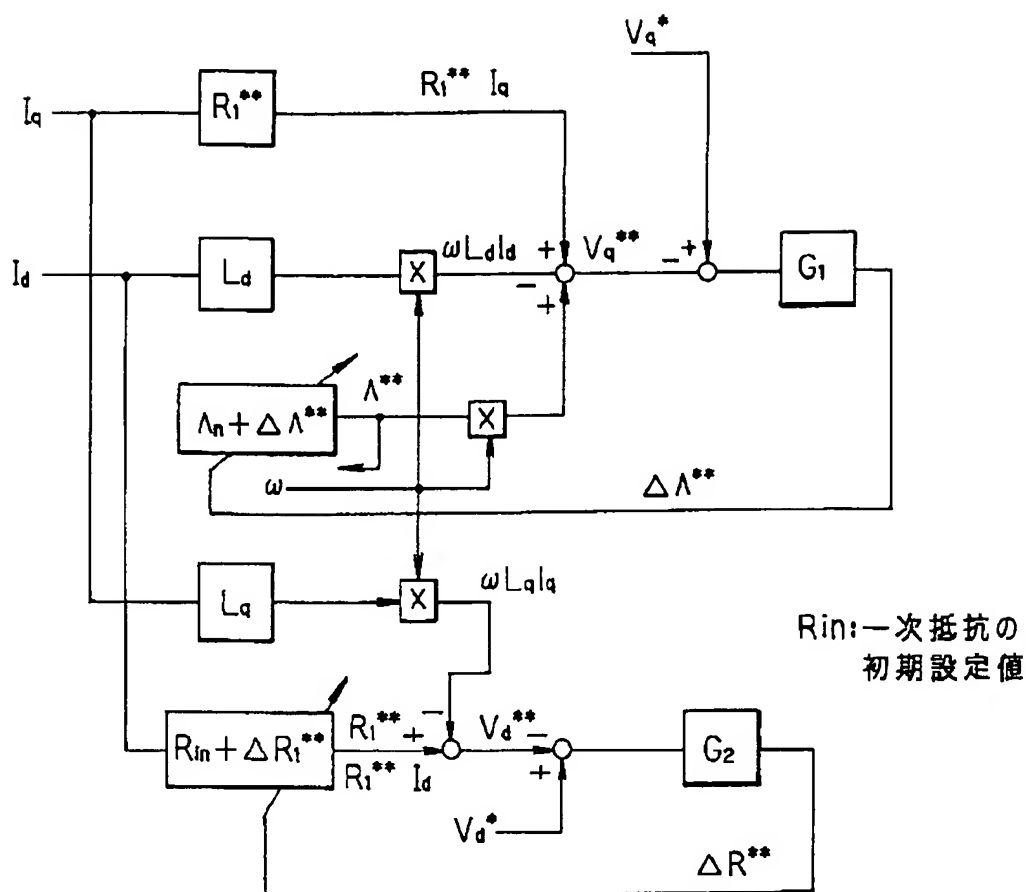
[Drawing 8]

(  $I_d=0$  制御 &  $R_1$ の項を無視 )



[Drawing 9]

( R<sub>1</sub>の補償を追加した構成 )

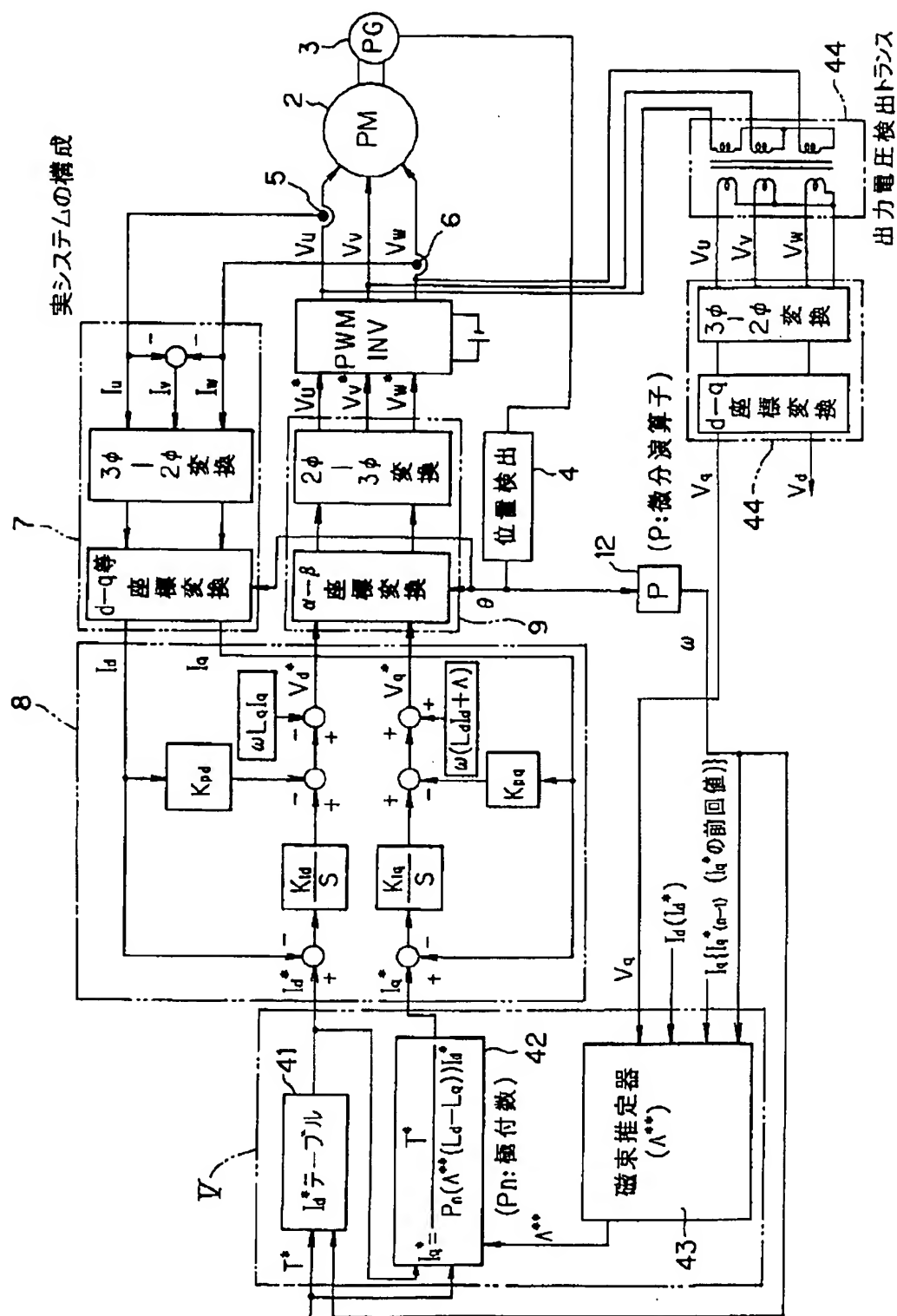


$G_1, G_2$  : 伝達関数

伝達関数例は図3と同様

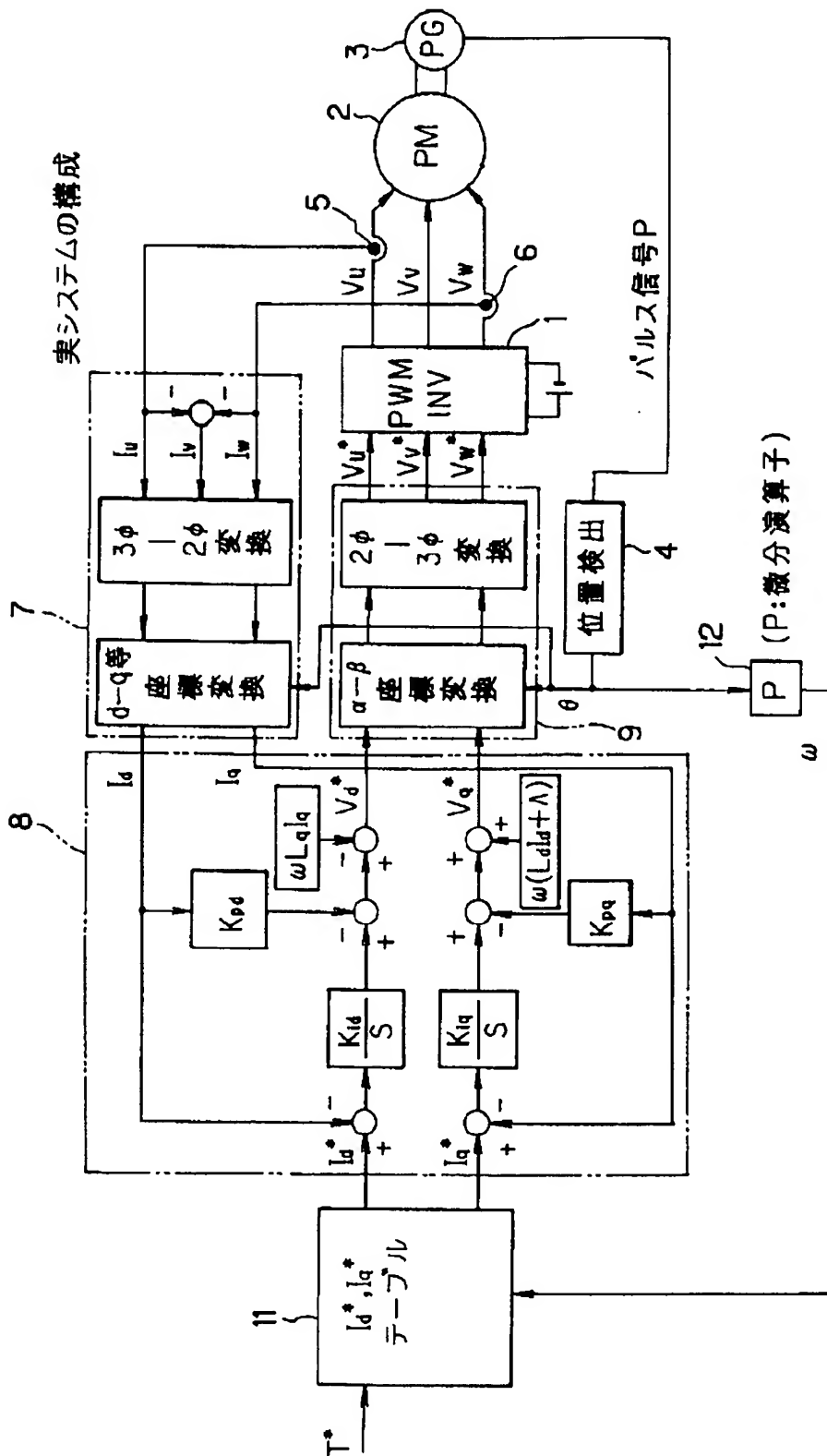
ただし、 $R_i^{**}$ の推定応答を $\Lambda^{**}$ の推定応答が速くなるように伝達関数のゲインを設定する。

[Drawing 10]

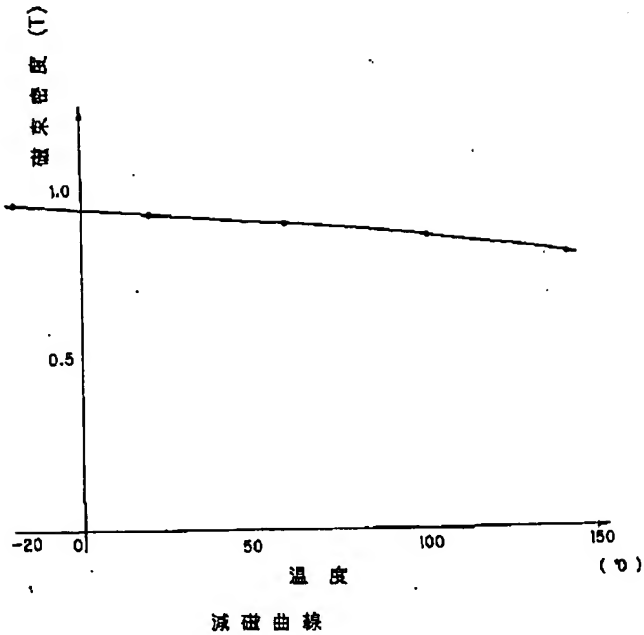


[Drawing 11]





[Drawing 12]



[Translation done.]